

# MIT Technology Review

ITALIA  
Anno XXVII - 4/2015

## POVERTY ALLEVIATION

La conferenza romana  
della Fondazione per la Collaborazione tra i Popoli

## La macchina dei sogni

Hewlett-Packard vuole cambiare il computer

## Le reti della persuasione

Comportamenti sotto controllo

## Linguaggi di programmazione

Cambia il modo di pensare per cambiare il modo di fare

## Bambini perfetti?

I rischi connessi alle alterazioni del DNA nei nascituri

## Potere, ma non potere

Il mercato contro le nuove possibilità di cura

RIVISTA BIMESTRALE - 6 EURO  
TARIFFA ROC: POSTE ITALIANE SpA  
SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE -  
DECRETO LEGGE N. 353/2003 (CONVERTITO  
IN LEGGE 27/02/2004 N. 46) ARTICOLO 1,  
COMMA 1, DCB ROMA

**PLUS** Kentaro Toyama e le tecnologie informatiche ■ TR Mondo ■ Torna il nucleare? ■ Fotosintesi artificiale ■ Il mondo virtuale dei robot ■ Un chip per i qubit ■ IIT Innovazione ■ FS Innovazione ■ Robert Cialdini e i persuasori occulti ■ I falsi account ■ Pubblicità in 3D ■ L'intelligenza artificiale ■ Traduzione automatica ■ Creatività e autenticità ■ Outernet ■ Emozioni e viralità ■ Sonde neurali ■ Cure del diabete ■ Progetto Alzheimer ■ Organi a stampa ■ Tecnologie alimentari ■ Mappatura cellulare



life.augmented

Getting more from technology  
to get more from life



For more information about STMicroelectronics please visit [www.st.com](http://www.st.com)

Vuoi far crescere  
il tuo business  
in Europa?



Noi ti aiutiamo  
a fare la mossa  
giusta.

UniCredit ti aiuta ad internazionalizzare  
il tuo business, con 200 specialisti  
in 50 centri internazionali, numerosi  
eventi per metterti in contatto  
con i mercati esteri e un supporto  
concreto per muoverti in Europa.  
Scopri di più su: [unicredit.eu](http://unicredit.eu)

La vita è fatta di alti e bassi.  
Noi ci siamo in entrambi i casi.



Benvenuto in  
**UniCredit**



## Tecnologia e innovazione al servizio del Paese

Finmeccanica da oltre 60 anni rappresenta l'eccellenza tecnologica italiana nel mondo. Tra i leader globali nei settori in cui opera e campione dell'industria italiana nella ricerca e nello sviluppo delle più avanzate tecnologie.

Molte aree di competenza, un solo obiettivo: costruire un futuro più sicuro.

# MIT Technology Review

ITALIA

Anno XXVII - 4/2015

## DIRETTORE

Alessandro Ovi

## DIRETTORE RESPONSABILE

Gian Piero Jacobelli

## COMITATO EDITORIALE E SCIENTIFICO

Alberto Abruzzese

Vittorino Andreoli

Carlo Bozotti

Francesco Caio

Michele Mario Elia

Andrea Granelli

Patrizia Grieco

Mauro Moretti

Pasquale Pistorio

Jason Pontin

Romano Prodi *Presidente*

Carlo Rubbia

Umberto Veronesi

## PROGETTO GRAFICO

Carla Baffari



## Verso una tecnologia mondo

L'argomento è di attualità, almeno tra chi di tecnologia si occupa non soltanto dal punto di vista pratico, ma anche da quello teorico. In questione è la ormai classica definizione della tecnologia come protesi del corpo, che Marshall McLuhan lanciò negli anni Sessanta e che è stata variamente ripresa da antropologi e filosofi, molto contribuendo alla riflessione sui problemi del fare, a cavallo tra solidarietà (l'ambito di un generico coinvolgimento antropologico) e responsabilità (l'ambito della consapevolezza di quanto concretamente comporta il nostro fare). L'idea di una tecnologia che, accrescendo le facoltà dell'uomo, si limita ad agevolarne il conseguimento degli obiettivi, restando estranea alla scelta di questi obiettivi, sembra assecondare ulteriormente la scissione tra solidarietà e responsabilità.

Tuttavia, accanto alla concezione della tecnologia come protesi sta emergendo negli ultimi anni una concezione della tecnologia che, non prescindendo dal corpo e dalle sue facoltà, interpreta però queste facoltà come espressione del rapporto interattivo fra uomo e mondo. Un rapporto in cui la tecnologia non costituisce più un mero strumento di mediazione, ma l'espressione di una appartenenza "ambientale", nel senso che il corpo si pone come "parte" di un mondo di cui subisce tutte le trasformazioni e le reazioni eventuali.

Questo fascicolo della rivista fornisce molti esempi probanti di questa nuova "tecnologia mondo", che appare in controtendenza rispetto ai più evidenti fenomeni di "sopraffazione" del nostro tempo: un tempo in cui la ricchezza non è mai stata così abbondante e tuttavia così ingiuriosamente concentrata; in cui si sta producendo una nuova emarginazione della maggioranza dell'umanità, che non si chiama più colonialismo, ma *digital divide*; in cui spesso l'affermazione delle forze produttive non deriva semplicemente da scelte più o meno opinabili, ma dall'incontrollabile funzionamento di qualche programma computerizzato.

Quando, nelle autorevoli e problematiche relazioni della conferenza sulla povertà nel mondo, promossa a Roma dalla Fondazione per la Collaborazione tra i Popoli, si distingue tra "tecnologie alte" e "tecnologie basse", si vuole sottolineare un problema di pertinenza, in cui si ribadisce come il potere della tecnologia non sia intrinseco alla tecnologia stessa, ma vada riferito alla capacità di rendersi interprete del contesto produttivo a cui concretamente si applica.

E quando si segnala la incipiente rivoluzione computeristica, di matrice HP o IBM, si vuole alludere, al di là degli stati di avanzamento scientifici e tecnologici, a una capacità di elaborazione che sempre più riesca a simulare la molteplicità fattoriale del mondo reale.

E persino quando si affrontano le problematiche della manipolazione pubblicitaria, organizzativa e informatica, si percepisce come l'attenzione si rivolga in maniera ineludibile alla complessità che caratterizza i comportamenti umani e che richiede interlocuzioni sempre più specifiche e finalizzate.

Ancora più drammatico, infine, si configura il bivio tra una tecnologia che persegue esclusivamente le proprie crescenti capacità di fare e una tecnologia che intende il fare come una tutela delle condizioni antropologiche dello stesso fare, quando ci si volge alla biotecnologia, dove il rapporto tra la tecnologia e l'uomo diventa anche più stringente.

Fino a che punto è lecito intervenire sul genoma, a futura memoria? Fino a che punto si può dare con una mano, quella tecnologica appunto, e sottrarre con l'altra, quella del mercato, nel caso emblematico dei cosiddetti "farmaci orfani"? Fino a che punto, nel pensare alla fame nel mondo, che proprio l'EXPO di Milano rende di paradossale attualità, si possono continuare a privilegiare le "tecnologie protesi", che si propongono successivamente economici, rispetto alle "tecnologie mondo", che si pongono il problema della loro praticabilità e diffusione? (g.p.j.)

## EDITORE

Tech.Rev. Srl  
Presidente Alessandro Ovi  
Via del Corso 504 - 00186 Roma  
Tel. 06 36888522  
E-mail: ovi@techrev.it  
Sito: www.technologyreview.it

## AMMINISTRAZIONE

Tech.Rev. Srl  
Via del Corso 504 - 00186 Roma  
Segreteria: Elisabetta Sabatini,  
Tel. 06 36888522 - 3666608080  
E-mail: admin@technologyreview.it  
Abbonamento annuale 30 euro  
- Pagamento on line tramite carta  
di credito su www.technologyreview.it  
- Versamento su c/c bancario  
n. 010000002783 intestato a Tech.Rev.  
Srl presso CREDEM, Agenzia 2  
Via del Tritone 97 - 00187 Roma  
(CIN L - ABI 03032 - CAB 03201 -  
IBAN IT57 L030 3203 2010 1000 0002 783)  
- Invio assegno bancario non trasferibile  
intestato a Tech Rev. Srl  
presso la sede amministrativa  
- Versamento su c/c postale  
n.41190836 intestato a Tech. Rev. Srl

## DIREZIONE E REDAZIONE

Via in Publicolis 43  
00186 Roma  
Tel./Fax 06 68308373  
E-mail: jadroma2@gmail.com  
Segreteria: Lavinia Giovagnoni

## COPYRIGHT©2015

Technology Review  
One Main Street  
Cambridge, Ma 02142 USA  
Technology Review edizione italiana  
Tech.Rev. Srl  
Via del Corso, 504  
00186 Roma  
Registrazione del Tribunale di Roma  
n.1/2003

## STAMPA

Tipografia RICCI Arti Grafiche  
Via Bolghieri 22-26  
00148 Roma  
Finito di stampare in giugno 2015

Un fascicolo 6 euro - IVA Assolta dall'editore  
ai sensi dell'art. 74, I comma, lettera C,  
D.P.R. n.633/1972 e successive modificazioni

## EDITORIALE

### 3 Verso una tecnologia mondo

Negli attuali processi di globalizzazione la tecnologia non può più venire concepita come una protesi che si interpone tra l'uomo e il mondo, ma diventa l'espressione di un coinvolgimento reciproco, in cui matura una nuova istanza di responsabilità. (g.p.j.)

## SCENARI

### 6 Poverty Alleviation. A role for Technology and Infrastructure?

L'11 maggio 2015 la Fondazione per la Collaborazione tra i Popoli, presieduta dal prof. Romano Prodi, ha promosso e organizzato a Roma, nel suggestivo scenario dell'Oratorio del Gonfalone, la conferenza *Poverty Alleviation. A Role for Technology and Infrastructure?*.

### 7 Romano Prodi

President Foundation  
for World Wide Cooperation

### Cristina Russo

Director International R&D Cooperation,  
European Commission

### Jin-Yong Cai

Executive Vice President and CEO IFC,  
World Bank

### Yang Guang

Director IWASS, Chinese Academy  
of Social Sciences

### Vijay Modi

The Earth Institute,  
Columbia University, New York

### Peter Turkson

President of the Pontifical Council  
for Justice and Peace

### Jeffrey Sachs

Director Earth Institute,  
Columbia University

### Nicholas Negroponte

Co-founder Media Lab,  
Massachusetts Institute of Technology

### Ertharin Cousin

Executive Director of the United Nations  
World Food Programme

## CONFRONTI

### 16

### Neppure la tecnologia fa miracoli

Intervista con Kentaro Toyama,  
professore associato alla School  
of Information, University of Michigan.

Brian Bergstein

## MITTR Mondo

### 18

SPAGNA

### La realtà virtuale contro Ebola

Carlos Corominas

### 19

CINA

### Editare il genoma di embrioni umani

Antonio Regalado

20

## La macchina dei sogni

Una Hewlett-Packard in difficoltà scommette su una radicale trasformazione della tradizionale architettura del computer.

**Tom Simonite**

### RASSEGNE

26

## Un tuffo nel passato del nucleare

La nuova versione di un vecchio progetto di reattore potrebbe ridurre i costi.

**Kevin Bullis**

27

## Combustibile dalla luce solare

Si sperimenta l'abbinamento di batteri a semiconduttori in nano-scala.

**Mike Orcutt**

28

## Il mondo dei robot

Un mondo simulato si sta rivelando fondamentale nel campo della robotica.

**Will Knight**

29

## Un nuovo chip per i qubit

IBM ha presentato una tecnica cruciale per lo sviluppo di computer quantistici.

**Tom Simonite**

### IIT INNOVAZIONE

30

- Una mano artificiale
- Sindrome di Down

### FS INNOVAZIONE

31

## Integrazione modale ferro-gomma

L'impegno di FS Italiane per un nuovo sistema intermodale.

## MIT Technology Review Italia

è realizzata con il contributo di

Enel

Eni

Ferrovie dello Stato Italiane

Olivetti

STMicroelectronics

Telecom Italia

Poste Italiane

32

## Le reti della persuasione

Siamo circondati da tecnologie sempre più intelligenti che cercano di rilevare e condizionare il nostro comportamento. Come funzionano?

**Nanette Byrnes**

33

## Come tu mi vuoi

Robert Cialdini, esperto in scienza della persuasione, parla dei suoi metodi.

**George Anders**

### RASSEGNE

34

## Venditori di fumo

I falsi account possono inflazionare e manipolare i contatti dell'utente.

**Tom Simonite**

35

## Pubblicità in 3D

La realtà virtuale sta diventando la nuova piattaforma pubblicitaria.

**Rachel Metz**

36

## Intelligente, ma come?

Si cercano strumenti più avanzati per misurare l'intelligenza artificiale.

**Simon Parkin**

37

## Calcio o football?

Fa progressi il software di traduzione in tempo reale di Skype.

**John Pavlus**

38

## Strumenti per pensare

I linguaggi di programmazione formano il modo di pensare di chi li utilizza. Perciò le start-up tecnologiche possono rimettersi sempre in discussione.

**James Somers**

### OPINIONI

42

## Creatività va cercando (g.p.j.)

### La trama dell'arte

La tecnica di apprendimento automatico e le sue applicazioni in campo artistico.

**Emerging Technology from the arXiv**

44

## La rete a portata di tutti

I paesi poveri potrebbero beneficiare di un accesso gratuito a Wikipedia.

**Tom Simonite**

45

## Titoli in eccesso

La viralità di una storia in rete e le emozioni che può generare.

**The Physics arXiv Blog**

DEMO

46

## Il coltellino svizzero della neuroscienza

Sonde neurali che combinano ottica, elettronica e farmaci potrebbero aiutare a svelare i segreti del cervello.

**Antonio Regalado**

48

## Bambini perfetti?

Dalla scienza arrivano gli utensili che un giorno potranno aiutarci a modificare il DNA dei nascituri. Meglio fermarsi prima che sia troppo tardi?

**Antonio Regalado**

53

## Farlo o non farlo?

**Jason Pontin**

### OPINIONI

54

## Un pancreas in capsula

Le cellule staminali per un nuovo metodo di cura del diabete.

**Brian Alexander**

56

## Potere, ma non potere

La tecnologia per rendere autonomi i pazienti con lesioni del midollo spinale già esiste, ma il problema è trovare un mercato per poterla diffondere.

**Brian Bergstein**

### RASSEGNE

60

## Allenare il cervello

Un progetto innovativo contro l'invecchiamento cerebrale.

**Giovanni Anzidei**

61

## Come produrre nuovi organi

La stampa 3D per la produzione di tessuti viventi.

**Julia Sklar**

62

## La tecnologia per il cibo

Verso una nuova economia alimentare più competitiva e innovativa.

**Nanette Byrnes**

63

## Patate geneticamente modificate

Gli scienziati delle piante possono rapidamente modificare i raccolti.

**Antonio Regalado**

64

## Tante più cellule

Quante tipologie di cellule esistono all'interno del corpo umano?

**Courtney Humphries**

Fondazione per la Collaborazione tra i Popoli  
Foundation for World Wide Cooperation

Presidente Romano Prodi

## POVERTY ALLEVIATION

A Role for Technology and  
Infrastructure?

ROMA,  
May 11, 2015

PROGRAM



SFAEL



FINMECCANICA



Fondazione  
ENI

Gruppo TREVI

INTESA

SANPAOLO

L'11 maggio 2015 la **Fondazione per la Collaborazione tra i Popoli**, presieduta dal prof. Romano Prodi, ha promosso e organizzato a Roma, nel suggestivo scenario dell'Oratorio del Gonfalone, la conferenza **Poverty Alleviation. A Role for Technology and Infrastructure?**, a cui hanno partecipato esperti, studiosi, esponenti delle maggiori organizzazioni internazionali, rappresentanti politici, responsabili aziendali ed esponenti religiosi. Nelle pagine che seguono pubblichiamo il programma della conferenza, gli interventi di apertura e di conclusione del prof. Prodi e, nell'ordine in cui sono state presentate, le sintesi di alcune delle relazioni più specificamente rispondenti alle problematiche delle "tecnologie umanitarie", su cui MIT Technology Review ha spesso occasione di soffermarsi e di riflettere.

## PROGRAMMA

Oratorio del Gonfalone, Roma

### Morning Sessions

#### Opening Remarks: The Vision

Chair: **Romano Prodi**

**Paolo Gentiloni**, Minister of Foreign Affairs, Italy

**Jason Pontin**, Editor in chief and Publisher of MIT Technology Review

**Cristina Russo**, Director International R&D Cooperation, European Commission

#### Keynote Speech

**Jin-Yong Cai**, Executive Vice President and CEO International Finance Corporation (IFC), World Bank

#### Session 1: Health and Food

Chair: **Rob Vos**, FAO,

Director Social Protection Division

Co-chair: **Andrea Cuomo**, President, 3SUN

#### Introductory Speech

**Rob Vos**, FAO, Director Social Protection Division

#### Contributions by:

**Alice Fanti**, CEFA Onlus

**Jennifer Elisseef**, Biomedical Engineering,

Johns Hopkins University

**Albert Farrugia**, Kedrion

**Arrigo Pallotti**, Professor of African Studies, University of Bologna

**José Costa Pereira**, European External

Action Service, European Commission

**Michael Plummer** – Professor of International

Economics, Paul H. Nitza School,

Johns Hopkins University, Bologna Center

**Massimo Ricottilli**, Professor of Economics,

University of Bologna

**Yang Guang**, Director IWASS, Chinese Academy of Social Sciences

#### Summary and conclusion

**Wu Guobao**, Division of poverty and Development Finance at the Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Science

#### Session 2: Energy

Chair: **Ernesto Ciorra**, Head of Innovation

and Sustainability Direction ENEL

Co-chair: **Vijay Modi**, The Earth Institute,

Columbia University

#### Introductory Speech

**Vijay Modi**, The Earth Institute, Columbia University

#### Contributions by

**Andrea Cuomo**, President, 3SUN

**Giambattista De Ghetto**, ENI Senior Vice

President, Technical Assurance,

Development Operations & Technology

**Faris Hasan**, Director General,

Opec Fund for International Development (OFID)

**Anne Houtman**, Principle Adviser to DG Energy,

European Commission

**Ahmed Hamdy**, Director General,

African Union Scientific, Technical, and Research

**Jean George Malcor**, CEO CGG

**Ernesto Marcias**, President Alliance

for Rural Electrification (ARE)

**Ewa Wojkowska**, Co-Founder and COO, KOPERNIK

#### Summary and conclusion

**Ernesto Ciorra**, Head of Innovation and Sustainability Direction ENEL

## Afternoon Sessions

### Introductory Speeches

**Cardinal Peter Turkson**, President of the Pontifical Council for Justice and Peace  
**Jeffrey Sachs**, Director Earth Institute, Columbia University

### Connectivity as a Universal Human Right

**Nicholas Negroponte**, Co-founder Medialab, MIT

### Session 3: Connectivity (Communication & Learning)

Chair: **Mo Ibrahim**, President Mo Ibrahim Foundation  
Co-chair: **Nicholas Negroponte**, Co-founder Media Lab, MIT

### Introductory Speech

**Mo Ibrahim**, President Mo Ibrahim Foundation  
Contributions by

**Vittorio Colao**, CEO Vodafone (video message)

**Mamadou Kaba Traoré**, President of AUST (African University of Science & Technology, Abuja, Nigeria), Professor in Computer

**Bruce Krogh**, Director of Carnegie Mellon University Rwanda

**Ludger Kühnhardt**, Director, Center for European Integration Studies (ZEI), Bonn

**Marcella Elvira Logli**, Director, Corporate Social Responsibility, Telecom Italia

**Angelo Petrosillo**, CEO Blackshape, CCO Sitael

**Shamas-ur-Rehman Toor**, Islamic Development Bank

**Stefano Stangoni**, Head of Global Banking & Transaction, Intesa Sanpaolo

### Summary and conclusions

**Didier Lombard**, Former CEO France Telecom

### Round Table of Industry and Finance Leaders

Chair: **Jason Pontin**, Editor in chief and Publisher of MIT Technology Review

### Participants

**Mo Ibrahim**, President Mo Ibrahim Foundation

**Jean George Malcor**, CEO CGG

**Giovanna Melandri**, President Human Foundation, Social Impact Investment Taskforce G8

**Shamas-ur-Rehman Toor**, Islamic Development Bank

**Stefano Stangoni**, Head of Global Banking & Transaction, Intesa Sanpaolo

### Final Remarks

**Ertharin Cousin**, Executive Director of the United Nations World Food Programme

### Conclusion and Press Conference

**Romano Prodi**



## Romano Prodi

President  
Foundation  
for World Wide Cooperation

L'obiettivo della Conferenza è duplice: fare un bilancio di quanto le tecnologie di base e l'high-tech abbiano ridotto la povertà ed esplorare la possibilità di individuare strategie comuni per sfruttare fino in fondo le loro potenzialità.

Si dice spesso che la povertà è stata ridotta. Senza alcun dubbio sono stati realizzati progressi significativi nella lotta alla povertà estrema. In termini assoluti, il numero di persone che vivono in povertà assoluta è oggi sceso da 1,9 miliardi nel 1990 a meno di un miliardo. Una serie di cause ha contribuito a limitare il fenomeno della povertà negli ultimi venti anni: in primo luogo, le politiche governative e delle organizzazioni internazionali dirette specificamente a ridurre il numero di poveri; in secondo luogo, il ritorno della pace e della sicurezza in alcune aree geografiche in precedenza devastate da guerre e conflitti.

Al di là degli innegabili passi in avanti, non dobbiamo dimenticare che una persona su cinque nei paesi in via di sviluppo vive ancora con 1,25 dollari al giorno e che la percezione della povertà è in aumento anche nei paesi sviluppati. Inoltre, il fenomeno della riduzione della povertà si è distribuito a macchia di leopardo. Alcune zone, come l'Asia orientale e il Sud-Est asiatico, sono riuscite a dimezzare le situazioni di povertà

estrema, mentre altre, come l'Africa subsahariana e l'Asia meridionale, hanno fallito in questa impresa. Questa conferenza nasce dall'idea che la tecnologia faccia una reale differenza nella battaglia più generale contro la povertà. In particolare, siamo convinti che il contrasto alla povertà non sia solo il risultato delle politiche economiche, ma anche il prodotto delle tecnologie, specialmente di quelle diffuse e decentralizzate che favoriscono l'integrazione economica e sociale di persone precedentemente escluse dai mercati ed emarginate all'interno delle loro società.

Anche se l'utilizzazione di una particolare tecnologia è una decisione eminentemente politica, oggi parleremo soprattutto delle potenzialità offerte dalle tecnologie a disposizione. In effetti, le tecnologie hanno una vasta gamma di impieghi: dall'incremento della produttività agricola alla generazione di energia a basso costo, dalla fornitura di acqua potabile all'assistenza sanitaria. Da questo punto di vista, il rapido sviluppo della telefonia mobile in Africa rappresenta un esempio emblematico. Una tecnologia relativamente a basso costo come il telefono cellulare, con poche spese di manutenzione, ha migliorato le prestazioni economiche di molti paesi in via di sviluppo.

Le conseguenze su vasta scala dello sviluppo della telefonia mobile sono una riprova delle potenzialità della tecnologia nel modificare radicalmente le vite di milioni di persone, in particolare di chi vive nelle aree rurali, sprovviste di adeguate infrastrutture. Con ciò non voglio dire che i grandi investimenti non dovrebbero venire indirizzati alla costruzione di infrastrutture regionali o nazionali o, per esempio, alla creazione di centrali elettriche. Ma credo sia un errore sottovalutare i cambiamenti economici, sociali e politici che possono intervenire a partire "dal basso", perché la telefonia mobile è solo un esempio delle molte tecnologie che abbiamo a disposizione.

Non dovremmo cercare di imporre i nostri modelli di crescita economica ai paesi in via di sviluppo, ma assicurare come punto di partenza la proprietà a livello individuale. La diffusione delle tecnologie decentralizzate è un contributo importante alla crescita sociale ed economica delle persone. Non sono solo le tecnologie sofisticate a fare la differenza, ma anche quelle di base combattono efficacemente la povertà. ■



## Cristina Russo

Director International  
R&D Cooperation,  
European Commission

**C**ome responsabile europea della Cooperazione Internazionale per la Ricerca, ritengo importante partecipare a una conferenza sul ruolo delle tecnologie e delle infrastrutture nella lotta alla povertà. Credo, infatti, che la ricerca e l'innovazione stiano giocando un ruolo importante in questa sfida epocale.

Saprete certamente che la Commissione europea sta adottando alcune misure politiche sull'immigrazione, che fanno specifico riferimento al ruolo della ricerca e dell'innovazione nella risoluzione dei problemi che sono alle radici dei flussi migratori. Una delle linee di intervento che vogliamo sviluppare, in linea con le indicazioni della Commissione Juncker, è quella legata al pieno dispiegamento della "diplomazia scientifica", per mettere insieme scienziati e persone che normalmente non collaborerebbero tra loro, creando contesti umani e comunicativi in grado di rafforzare le relazioni tra società diverse.

La diplomazia scientifica e il ruolo della ricerca e dell'innovazione sono gli strumenti portanti della politica estera dell'Unione Europea, come illustrato dal documento politico preparato dalla Commissione Europea e approvato dal Consiglio dei Ministri, durante il periodo di preparazione di Horizon 2020, il programma quadro europeo del sistema di finanzia-

mento integrato destinato alle attività di ricerca.

L'Unione Europea vuole fare di più per la cooperazione internazionale e ha portato avanti numerosi programmi di ricerca negli ultimi trenta anni. Con l'adozione di questo programma, che ha una durata di sette anni e un budget di 80 miliardi di euro, stiamo compiendo un decisivo passo in avanti. Si tratta di uno sviluppo particolarmente significativo, considerando che ci troviamo in un periodo di crisi finanziaria.

Perché è importante Horizon 2020? Il programma è costruito intorno all'idea di cooperazione internazionale ed è completamente aperto alla partecipazione di enti di ricerca, pubblici e privati, di ogni parte del mondo. Abbiamo coinvolto altre istituzioni finanziarie e stiamo portando avanti alcune iniziative per trovare soluzioni ai problemi della scarsità di cibo e della malnutrizione, in particolare nel piano di lavoro per il 2016-2017, con un finanziamento di 25 milioni di euro per specifiche attività nei paesi africani.

Anche le infrastrutture hanno un ruolo centrale nel contesto della lotta alla povertà. Horizon 2020 è impegnato su questo fronte con una lunga serie di iniziative, come nel caso della collaborazione con i paesi africani nell'ambito del più grande progetto scientifico del mondo, la costruzione del radio-telescopio Square Kilometre Array.

Per quanto concerne il monitoraggio globale del nostro pianeta, noi partecipiamo a questo settore di ricerca con uno specifico segmento africano, l'AfriGEOSS Earth Observation, che conduce studi sul cambiamento climatico e la gestione delle risorse, in particolare di quelle idriche, perché la scarsità d'acqua è uno dei problemi più seri per i paesi affetti da povertà.

Per concludere, vorrei soffermarmi sugli obiettivi dello sviluppo sostenibile. La Commissione Europea ha preso una posizione decisa su questa tematica, mettendo al centro dell'agenda futura la ricerca e l'innovazione, come è testimoniato dal fatto che il 60 per cento del bilancio complessivo di Horizon 2020 è dedicato allo sviluppo sostenibile.

Una scelta significativa, che rende conto non solo della volontà politica dell'Unione Europea, ma anche della sua capacità di intervento sul campo. ■



## Jin-Yong Cai

Executive Vice President  
and CEO International Finance  
Corporation (IFC), World Bank

**D**ai tempi del mio arrivo in America sono cambiate molte cose. Oggi sono a capo della International Finance Corporation, un'agenzia della Banca Mondiale. Lavoriamo sui mercati dei paesi emergenti e i nostri impegni primari sono la lotta alla povertà e la condivisione della prosperità. I due aspetti sono profondamente interconnessi. Quando sono approdato alla Banca Mondiale nel 2012, il 2015 era la data entro cui si sarebbero dovuti conseguire gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio, una dichiarazione sottoscritta da 193 Stati membri dell'ONU. Molti di questi obiettivi sono stati raggiunti, grazie al contributo soprattutto di un paese: la Cina. Come è potuto accadere? Creando benessere, sostenendo la crescita economica. Tecnologie e infrastrutture sono gli strumenti per diffondere il benessere, ma il motore fondamentale è la crescita economica.

La Banca Mondiale e il Fondo Monetario Internazionale, che compiono settanta anni di vita, rappresentano un ottimo esempio di collaborazione internazionale per affrontare alcuni dei problemi più seri di oggi. Il FMI si è occupato di mantenere la stabilità del settore finanziario e la liquidità a breve termine.

La Banca Mondiale ha agito nel settore degli investimenti a lungo termine, par-

ticolarmente quelli per le infrastrutture in Europa.

Ma per creare la crescita economica è anche necessario coinvolgere il settore privato. Per questa ragione è stata fondata la IFC, che finanzia principalmente le aziende nei paesi emergenti. Oggi la IFC ha un bilancio annuale di 90 miliardi di dollari, 4mila dipendenti e uffici in 98 paesi.

Prendiamo l'esempio della situazione attuale nel Mediterraneo. E il problema dei profughi. Se nei luoghi di origine ci fossero delle opportunità decenti, queste persone non rischierebbero la vita. Come siamo arrivati a questo punto? Credo a causa dell'assenza di crescita economica e in alcune zone anche della mancata condivisione di questa crescita. Come possiamo intervenire? La soluzione, senza dubbio alcuno, è la crescita economica inclusiva. Senza la creazione di posti di lavoro, non c'è soluzione possibile.

L'obiettivo rimane quello di offrire opportunità non solo a chi non ha un lavoro, ma anche speranza a chi entrerà a fare parte della futura forza lavoro. Per ottenere questo risultato è determinante il modo in cui colleghiamo infrastrutture e tecnologie alla povertà. La mia proposta è di creare quello che chiamo l'ecosistema del buon lavoro. Le infrastrutture, le tecnologie, l'accesso alla finanza e molte altre cose fanno tutte parte di questo ecosistema. Uno dei punti essenziali, oltre all'urgenza, deve essere la diffusione su scala industriale di quanto viene proposto.

In Africa, nell'Asia meridionale, in alcuni paesi dell'America Centrale, le carenze fondamentali dell'ecosistema sono le infrastrutture e l'elettricità. In Africa, con una popolazione che nel 2050 oscillerà tra gli 800 milioni e il miliardo di abitanti, l'energia solare non sarà sufficiente a dare lavoro a tutti. È necessaria l'industria manifatturiera.

Vorrei anche accennare a logistica, connettività e soprattutto alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. La logistica è importante quanto il collegamento a Internet. La ragione per cui i nuovi imprenditori cinesi stanno facendo bene è che la logistica in Cina è di qualità. E il 99 per cento della popolazione è raggiunta dai servizi elettrici.

Senza infrastrutture non si arriva da nessuna parte. Come facciamo a costruir-

le? Il problema sono i capitali. Secondo alcuni, per le nuove infrastrutture mondiali sono necessari 57 trilioni di dollari, soprattutto nei paesi in via di sviluppo. Secondo altri, in Africa servono 100 miliardi di dollari l'anno per i prossimi dieci anni.

Le infrastrutture sono assolutamente un elemento chiave. Ma altri "ingredienti" hanno un loro peso. Per esempio, un contesto che favorisca il commercio. È giusto tassare, ma non esagerare perché altrimenti le persone non si assumono rischi.

È altrettanto importante offrire un riconoscimento sociale agli imprenditori, per motivare chi intraprende iniziative commerciali.

Oltre a un ambiente favorevole al commercio, è fondamentale l'accesso ai finanziamenti, anche per le piccole imprese. Il 90 per cento dei lavori, di quelli buoni, sono creati dal settore privato. La situazione dell'accesso al credito nei mercati emergenti presenta criticità legate all'eccesso di regolamentazione.

Infine, ma non ultimo, il nodo della formazione. Quando si parla di formazione qualificata non mi riferisco alle scuole, ma alla sicurezza di un futuro sbocco lavorativo. Senza offrire un'opportunità credibile, i ragazzi sono demotivati.

Dunque gli ingredienti per creare del buon lavoro sono: infrastrutture solide, ambiente favorevole all'iniziativa privata, accesso semplificato ai finanziamenti, formazione qualificata. Direi che al primo posto ci sono le infrastrutture.

Vorrei infine accennare al tipo di lavori da creare, soprattutto in Africa e Asia meridionale. Dal mio punto di vista, l'agricoltura è assolutamente il settore chiave per garantire un buon lavoro a molte persone. L'Africa potrebbe diventare il granaio del mondo.

Un'altra area di grande importanza per l'Africa è quella che io chiamo "area di servizio per le costruzioni".

La popolazione africana cresce molto rapidamente. Ma non ci sono sufficienti investimenti nella cosiddetta catena del valore. Perché? Per mettere in piedi una solida catena del valore sono necessarie valide infrastrutture, con prezzi dell'elettricità sostenibili. Solo così si ha la possibilità di essere competitivi nel mercato mondiale. ■



## Yang Guang

Director IWASS,  
Chinese Academy  
of Social Sciences

**V**orrei partire da tre considerazioni sulla povertà e la tecnologia. Nel caso della Cina, nel corso degli ultimi 30 anni, più di 500 milioni di persone si sono riscattate dalla condizione di povertà. È un risultato impressionante.

La mia prima considerazione è che questo tipo di obiettivo sia stato raggiunto grazie a una serie di strategie integrate e non a un singolo tipo di intervento.

Mi riferisco a una crescita economica molto sostenuta per un lungo periodo, più di un trentennio, alla riforma istituzionale delle campagne, per esempio la cancellazione delle imposte agricole, alla riforma della struttura fondiaria rurale, al sistema degli appalti e a quello produttivo.

La mia seconda riflessione riguarda la tecnologia. Secondo numerose ricerche, nel passato decennio la tecnologia ha contribuito almeno al 50 per cento alla crescita del PIL nel settore agricolo.

La lotta alla povertà sul fronte tecnologico si basa su due strategie di fondo.

Da una parte l'incoraggiamento dell'innovazione tecnologica, dall'altra la diffusione delle tecnologie nelle aree rurali. Queste strategie sono state sostenute da diversi programmi nazionali, portati avanti da più ministeri.

Vorrei accennare brevemente a quattro di questi programmi.

In Cina abbiamo un detto: «Una scintilla può dare fuoco a tutta la prateria», per dire che la scintilla tecnologica può fare da leva alla crescita economica e combattere la povertà. Uno dei due programmi nazionali, il “Piano scintilla”, finanziato dal ministero della Scienza e della Tecnologia, vuole favorire l’innovazione nelle tecnologie agricole, l’altro, il “Piano fuoco alle praterie”, promosso dal Ministero dell’Istruzione, si occupa della formazione e dell’educazione nelle zone rurali, in modo che la popolazione locale delle zone più disagiate sia in grado di padroneggiare la tecnologia.

Dopo il 1990 sono state intraprese alcune nuove iniziative che hanno privilegiato la diffusione dell’informazione. Alla fine dello scorso secolo, ha preso il via un piano nazionale per la copertura televisiva e radiofonica di ogni villaggio e oggi ogni villaggio con più di 20 famiglie è dotato di apparecchi televisivi. Le reti televisive locali trasmettono numerosi servizi sull’agricoltura, sulla piscicoltura, sulla silvicoltura, sull’allevamento.

Con il nuovo secolo, tra una serie di programmi di portata nazionale, uno è stato inaugurato solo due anni fa. Mi riferisco al piano strategico per la banda larga. L’idea di fondo consiste nello sfruttare la tecnologia IT più avanzata per favorire la diffusione dell’innovazione nelle zone rurali e conseguire, entro il 2020, l’intera copertura delle campagne con la banda larga.

La mia ultima considerazione è che, malgrado gli importanti progressi conseguiti nella lotta alla povertà, la Cina ha davanti a sé nuove sfide.

Non si tratta più di diffondere le tecnologie nelle zone più povere, ma capire chi sono i veri poveri. Venti anni fa il 70 per cento della popolazione cinese viveva al di sotto della soglia di povertà internazionale. La situazione ora è diversa.

Anche nei piccoli villaggi si trovano condizioni di segno opposto; ricchezza e povertà convivono una accanto all’altra. Questa è la sfida che abbiamo di fronte: avvicinare i nuovi poveri.

Possiamo scegliere tra due strade. Una è il modello *top down*, vale a dire che il Governo stabilisce autonomamente su quali fasce sociali intervenire, l’altra è il modello *bottom up*, dove i contadini votano e scelgono i veri poveri. Quale sarà il modello più efficace solo il tempo potrà dirlo. ■



## Vijay Modi

The Earth Institute,  
Columbia University,  
New York

**A**nche io credo che quella dell’energia sia una questione centrale. Quando si parla di energia non si può prescindere dalla pianificazione a lungo termine, dalle risorse disponibili, dalla politica ambientale e da una collaborazione stretta con i governi africani. Il mondo si è affidato inizialmente ai sistemi idroelettrici e ai combustibili fossili per poi progressivamente spostarsi verso il solare, l’eolico, il nucleare e il geotermico. Ma per reggere il passo con i tempi dello sviluppo, il peso delle tecnologie non può essere lasciato solo sulle spalle dell’Africa.

Un solo esempio per chiarire il mio pensiero: l’Africa sub-sahariana ha una capacità di generazione di 45 gigawatt. In una giornata afosa, Tokyo ne consuma 65. È chiaro che c’è necessità di investimenti massicci.

Jin-Yong Cai di IFC (International Finance Corporation) ha giustamente enfatizzato il ruolo delle banche. Allora cerchiamo di capire come la tecnologia possa aiutare a sbloccare questi investimenti.

Lo sblocco degli investimenti ricorda il discorso dell’uovo e la gallina: io scelgo l’uovo, che in questo caso sarebbe la sicurezza del flusso di entrate da parte dei clienti. Questa sicurezza garantisce una solvibilità nei confronti dei produttori di energia. In India metà dell’utenza paga prezzi irrisori per l’energia e una parte non paga nulla. Le aziende di servi-

zi entrano in crisi, prendono denaro in prestito a tassi di interesse elevati e tagliano gli investimenti. In passato, in India ogni villaggio si serviva di un servizio telefonico prepagato. Ora, con l’introduzione dei contatori intelligenti, ogni utente sa quanto deve pagare e quanti minuti ha parlato; inoltre l’espansione della telefonia mobile ha incrementato la trasparenza dei sistemi di pagamento.

In un villaggio del Mali, gli abitanti hanno costruito da soli le linee per le loro abitazioni e noi abbiamo fornito un supporto tecnico per garantire i collegamenti telefonici. In Bolivia una utility ha realizzato in brevissimo tempo una mini rete elettrica. Come hanno fatto? Con contatori intelligenti prodotti in Cina a prezzi stracciati, completamente digitalizzati, in modalità wireless e forniti di un sistema di disconnessione con dati in tempo reale. Inoltre, non hanno dovuto accollarsi alcuna spesa di costruzione. Il sistema si assembla, come ci insegna Ikea.

Un’altra innovazione arriva dal Senegal, per irrigare con un sistema unico le piccole fattorie del paese. La tecnologia proviene dall’India, a costi più bassi di quelli europei. D’altronde si guarda all’India e alla Cina quando si tratta di prodotti che rappresentano un valore aggiunto per gli agricoltori. Il sistema di irrigazione non ha batterie, ma un meccanismo che controlla le diverse pompe. Con il sorgere e il tramonto del sole, le pompe si mettono in moto e si disattivano. È previsto anche un generatore diesel di backup in caso di necessità. La tecnologia è già presente in Senegal, ma il problema è la sua diffusione su larga scala grazie a qualche sostegno finanziario, perché questi sistemi non hanno un ritorno economico prima di due anni.

Infine vorrei accennare al gas. La presenza di ingenti riserve di gas naturale al largo di Mozambico e Tanzania è un dato di fatto ormai accertato. Si tratta di una scoperta importante che potrebbe attirare un flusso considerevole di investimenti e l’interesse di gruppi come l’ENI, attraverso aziende come la LNG. Il prodotto verrà esportato in paesi come Cina, India e Giappone. Il gas è una risorsa di valore che potrebbe aiutare lo sviluppo di settori come il trasporto e la produzione di fertilizzanti. Ma anche in questo caso per ottenere questi risultati è necessario mettere in moto un processo industriale su larga scala.

Un ultimo appello: muoviamoci in fretta! ■



## Peter Turkson

President  
of the Pontifical Council  
for Justice and Peace

Il problema di come alleviare la povertà, soprattutto nel Sud del mondo o nei paesi e nei mercati in via di sviluppo, può venire affrontato in modi completamente diversi. In genere lo si collega allo sviluppo, così come viene inteso nel mondo più avanzato.

Ma questo tipo di visione ci porta immediatamente ad avvicinare il problema della povertà a quello dell'educazione. Le tre parole marciano di pari passo: povertà, sviluppo ed educazione. Ed è sotto gli occhi di tutti che l'educazione in Africa è stata sempre in mani straniere, e ancora continua a essere così.

Tre settimane fa mi sono recato a Bangkok e ho avuto modo di riscontrare che l'Africa viene affiancata ai paesi del Sud-Est asiatico e a quelli in via di sviluppo. Ma ogni paese del Sud-Est asiatico si avvale di un linguaggio nazionale come strumento comunicativo ed educativo.

Al contrario, l'educazione, in Africa, viene vista, alla stregua dello sviluppo, come qualcosa promosso dall'esterno. Credo che questa forma di dipendenza dagli "stranieri" abbia un serio impatto sulla lotta per contrastare la povertà.

In altre parole, vorrei sottolineare che, quando non si ha un'autonomia di pensiero, si perde progressivamente la fiducia nelle proprie capacità e si finisce per dele-

gare lo sviluppo a forze esterne. Questa logica non porta lontano e credo debba venire ribaltata.

Quando si parla di educazione si deve considerare anche un'altra componente. L'Accademia Pontificia delle Scienze ne ha parlato qualche tempo fa, correlando l'educazione con aspetti della cultura umana che hanno a che fare con l'alimentazione.

Ogni volta che ne abbiamo avuto la possibilità, abbiamo incoraggiato le iniziativie volte a uscire da una situazione che presenta indici di povertà che oscillano tra 1,2 e 5 dollari al giorno.

Senza considerare, inoltre, che esiste un problema reale in termini di accessi: accesso all'educazione, alla conoscenza, all'informazione, all'assistenza sanitaria.

È importante il ruolo che gioca la tecnologia nel favorire questo tipo di accessi, come nel caso dell'OLPC (One Laptop Per Child) in America Latina, che ha facilitato la diffusione dell'educazione nelle zone rurali. Ma che accesso si ha all'educazione, alla conoscenza, alla tecnologia, all'assistenza sanitaria con 2 dollari al giorno?

Con questa cifra si può garantire un pasto decente. Ma se si parla di accessi a informazione, conoscenza, assistenza sanitaria, 2 dollari al giorno diventano insignificanti.

Ci si sofferma spesso sul problema dei sistemi di governo in Africa. Le politiche dei diversi Stati africani sono caratterizzate da visione a breve termine, mancanza di obiettivi, assenza di rispetto dei diritti umani. Si inizia a vedere una politica diversa che difende il bene comune e cerca di favorire lo sviluppo delle potenzialità umane, ma in generale i governi continuano a rappresentare un ostacolo serio.

Sia quando agiscono pacificamente, come in Nigeria, Senegal e Ghana, sia quando il loro intervento assume forme violente come in Burundi. In entrambi i casi la strada da percorrere appare ancora decisamente lunga e impervia.

I manifesti ideologici di partito non sono in grado di rimpiazzare una visione nazionale di largo respiro. Soprattutto perché ogni schieramento politico vuole realizzare il suo programma.

Così è successo in Ghana. I progetti sono stati portati avanti a metà e a ogni cambio di governo vengono abbandonati. Noi abbiamo un sistema che ha adottato

un modello di leadership esecutiva senza alcun contrappeso.

Sistemi presidenziali come quello degli Stati Uniti, hanno il Senato, la Camera dei Rappresentanti e il Congresso che dialogano con il Presidente. In Ghana non è così. Il potere del Presidente è pressoché "assoluto".

Vorrei anche parlare del rapporto tra sviluppo, industria locale, libero mercato e globalizzazione.

Due anni fa a Podgorica, nel Montenegro, si è tenuta una conferenza dell'Accademia Europea della Scienza in cui si invitava a riflettere sulla relazione tra globalizzazione, libero mercato e povertà in Africa. Quando ha dichiarato la sua indipendenza, il Ghana poteva contare su cinque importanti settori industriali che ora sono in crisi perché non sono in grado di competere con il resto del mondo.

Il libero mercato promuove indubbiamente lo sviluppo in una particolare area, ma credo che ogni governo locale dovrebbe porvi dei freni quando inizia a distruggere l'industria locale.

Si pensi alla tragedia dell'immigrazione dai paesi sub-sahariani verso l'Europa. Ci si chiede: Perché i governi non offrono un lavoro a tutti questi disperati che attraversano il deserto? Perché le industrie non ci sono. Hanno collassato. I prodotti arrivano dalla Cina, a basso costo, e l'industria locale crolla anche per questa ragione.

I governi dovrebbero intervenire per limitare questo fenomeno. Il Sudafrica lo sta facendo con intelligenza, imponendo che il 75 per cento di quanto si consuma in Sudafrica debba venire prodotto nel paese. Ciò significa che chi vuole investire dall'estero, deve avere come punto di riferimento il mercato sudafricano. Credo che altri Stati africani dovrebbero seguire questo esempio di politica commerciale.

Nel 2007, i rappresentanti africani hanno incontrato quelli giapponesi ed europei al TICAD, la conferenza internazionale per lo sviluppo tenutasi a Tokyo, ed è stata avanzata una richiesta pressante a tutti gli investitori per favorire la crescita nel rispetto delle esigenze locali e di programmi di sviluppo sostenibili.

Solo nello spirito della cooperazione sarà possibile favorire l'autonomia dei paesi africani e creare le condizioni per lo sviluppo e la crescita dell'intero continente. ■



## Jeffrey Sachs

Director  
Earth Institute,  
Columbia University

**G**li obiettivi che abbiamo davanti sono quelli di ridurre, se non eliminare, la povertà, di combattere la fame, di assicurare a tutti i ragazzi un'educazione, di garantire globalmente l'assistenza sanitaria.

Queste trasformazioni sono possibili solo a partire da uno sviluppo delle tecnologie. Solo oggi è pensabile di raggiungere queste mete, grazie alla rivoluzione in corso del sistema dell'informazione. In Cina oltre un miliardo di persone sono fuoriuscite da una condizione di estrema povertà nel corso di una generazione. Oggi, il nostro obiettivo principale è aiutare l'Africa a conseguire lo stesso risultato, perché questo continente è il più esposto ad alti tassi di povertà.

Dobbiamo abbracciare una trasformazione tecnologica che ci permetta di mantenere gli alti standard di vita del mondo sviluppato e allo stesso tempo abbia un impatto globale, perché in questo momento ci stiamo muovendo verso una rotta di collisione. È necessaria una trasformazione tecnologica sia per risolvere i problemi della povertà e dell'esclusione, sia per mettere insieme sviluppo economico e sostenibilità ambientale.

A mio parere, le domande di fondo sono tre. In primo luogo, come sviluppare le future tecnologie per risolvere questi

problemi? In secondo luogo, come scegliere il giusto modello tecnologico e fino a dove spingerci? Infine, come diffondere su larga scala le tecnologie se, per varie ragioni, i mercati non svolgono questo ruolo?

Mi soffermerò soprattutto sulla terza domanda, ma dirò anche qualche parola sulle prime due.

Quando si parla di sviluppo tecnologico, è un problema ricorrente quello dei mercati che non favoriscono i cambiamenti tecnologici di base, per cui Internet, la rivoluzione dei semiconduttori, l'era del calcolo non sono diventati fenomeni di massa a causa del mercato.

In genere i governi sono latitanti in queste fasi di passaggio, essendo attenti principalmente alle tecnologie militari perché rappresentano l'unico tipo di investimento pubblico che lo Stato riconosce come prioritario.

Tuttavia, per una serie di ragioni profonde, il mondo industriale ha più facilità a diffondere le tecnologie e migliorarle invece di favorire cambiamenti radicali in campo tecnologico. Per questi cambiamenti è necessario che i governi assumano un ruolo molto più incisivo di quello attuale, come si evince con chiarezza nel caso delle politiche sul clima.

La seconda domanda riguarda i modelli tecnologici. In genere, la tecnologia si impone a ondate e l'equilibrio è difficile da mantenere, se si vuole raggiungere lo stadio di sviluppo desiderato. Diffondere su larga scala una tecnologia o continuare a sperimentare per capire quale potrebbe funzionare meglio costituisce una complessa scelta politica, in parte legata al mercato. Ma, a mio parere, i mercati non riusciranno a riscattare la condizione di povertà delle fasce più emarginate.

Fino dal 1995 ho provato a estendere su scala industriale tecnologie sicure per l'assistenza sanitaria pubblica in situazioni di conclamata povertà. Le difficoltà maggiori arrivano da due problemi di fondo. Il primo, come è ovvio, è che chi è povero, non può sostenere i costi, anche se minimi, degli interventi salvavita. Il mio esempio favorito è stato a lungo quello delle zanzariere trattate con gli insetticidi per combattere la malaria. Ma lo stesso discorso può essere valido nel caso dei farmaci anti-retrovirali per l'AIDS, di molti vaccini e via dicendo.

Per un lungo periodo ho combattuto affinché le Nazioni Unite creassero un meccanismo per finanziare la distribuzione gratuita delle zanzariere. Nel 2007, finalmente il meccanismo si è messo in moto. In quattro anni sono state distribuite circa 600 milioni di zanzariere. Le morti per malaria sono diminuite del 60 per cento e la copertura della popolazione ha raggiunto il 70-80 per cento.

I mercati sono efficienti nel diffondere i prodotti che assicurano profitti, ma non vanno incontro alle esigenze dei più poveri. Solo pensando prima a chi è più povero, si può adottare un modello in grado di garantire salute, educazione, connettività, acqua potabile e servizi igienici. I mercati non garantiscono neanche il rispetto dell'ambiente o il futuro delle prossime generazioni. In realtà neanche i governi assolvono a questo compito.

Quando si parla di lotta alla povertà si possono avanzare molte proposte interessanti su come garantire ai più poveri l'assistenza sanitaria.

L'ho sperimentato per dieci anni in dieci paesi. In Africa, per esempio, abbiamo capito molte cose: quali sono i costi dei servizi sanitari di base, quanto è essenziale la connettività, come si può intervenire senza avere a disposizione medici e infermieri, l'importanza della tele-medicina o della diagnostica a distanza.

Mi permetto, quindi, di avanzare alcune proposte.

L'istituzione di un fondo globale per l'educazione, altrimenti non si avrà la possibilità di introdurre l'IT su larga scala.

L'istituzione di un fondo globale per il sistema sanitario, per informatizzare e permettere di salvare vite umane.

L'istituzione di un fondo globale per i piccoli proprietari terrieri, sempre per informatizzare e favorire l'introduzione di energie alternative e tecniche di irrigazione nelle aree desolate e aride del mondo.

Questi interventi non possono partire direttamente come operazione commerciale, ma richiederanno cinque o dieci anni di preparazione, di implementazione dei sistemi, di formazione.

I fondi servono a questo. Anche a implementare l'elettrificazione per rendere possibile la connettività. Sustainable Energy for All sarebbe la sede ideale per portare avanti questi interventi. ■



## Nicholas Negroponte

Co-founder Media Lab,  
Massachusetts Institute  
of Technology

**S**e la connettività può venire intesa come diritto umano, deve essere gratuita. In proposito, vorrei riflettere intorno a tre domande di fondo. La prima, che probabilmente non richiede tante parole, ma che sta alla base delle successive è: perché connettere tutti? La seconda è: come farlo? L'ultima riguarda invece la tecnologia da adottare.

Il motivo principale per connettere tutti è facilitare l'apprendimento.

Credo che la società abbia realmente bisogno di guardare all'educazione non solo dal punto di vista delle scuole e delle istituzioni, ma da quello del processo di apprendimento, dell'apprendimento permanente in luoghi o situazioni che non siano scuole.

Molte persone non realizzano che la parola BIT non esisteva prima del 1949. Allora, i sistemi di telecomunicazioni erano privi di sistemi di diffusione dell'informazione. Prima del 1986, Internet non era commercialmente accessibile ed era illegale l'utilizzo di questa rete da parte delle aziende.

Quindi i "peccati" delle comunicazioni coinvolgono tutto il mondo e non si limitano ai paesi in via di sviluppo.

Ma di recente è accaduto qualcosa che sta cambiando il paesaggio delle telecomunicazioni. Non è una tecnologia molto

recente, nel senso che prima non esisteva, ma riprende la filosofia dei satelliti a bassa orbita intorno alla Terra.

Questi satelliti possono impiegare più o meno 90 minuti a fare il giro del pianeta. Quando tutti questi satelliti si muovono, qualsiasi sia l'orbita, si ripropone un fenomeno identico a quello della rete cellulare. Ma in questo caso si tratta di una rete in movimento, non stazionaria.

Il vantaggio di questo sistema è la sua globalità.

Non ha alcuna importanza dove ci si trova, se in un'area rurale o in un quartiere dell'estrema periferia di Lagos. Il sistema è dovunque.

Quindi, gli strumenti a disposizione ci sono. Ma cosa si sta effettivamente facendo perché la connettività possa diventare un diritto umano e sfruttare questa tecnologia? Spesso mi chiedo: «Le normali forze di mercato si muovono nella mia stessa direzione?».

Se la risposta è positiva, allora mi dico: «Nicholas, smetti di agitarti. Lascia che sia il mercato a muoversi». Ma una domanda rimane ineludibile. Quali valori positivi portano avanti i mercati? Ho paura che la lista delle risposte sarà breve, se non vuota. La qualità della vita non viene dalle forze di mercato.

È lecito anche chiedersi se le telecomunicazioni debbano essere un business.

Con questa domanda so di muovermi su un terreno minato, ma non posso evitare di affrontare il problema.

Siamo un paese in cui Verizon spende 500 milioni di dollari in pubblicità per sottrarre clienti ad AT&T. E AT&T, a sua volta, spende 500 milioni di dollari per sottrarre clienti a Verizon.

Complessivamente un miliardo di dollari che viene sottratto al sistema delle telecomunicazioni e sostiene il mondo delle agenzie pubblicitarie.

Allo stesso tempo vediamo sistemi di telecomunicazioni nei paesi in via di sviluppo, che producono alta redditività, con profitti che fuoriescono da quei paesi senza vantaggio alcuno per i sistemi locali. Sono forse un pericoloso estremista a sostenere che i governi dovrebbero intervenire in queste situazioni?

In campo educativo, che è il mio interesse primario, esiste un esame chiamato PISA (Programme for International Stu-

dent Assessment), promosso dall'OCSE, che valuta con periodicità triennale il livello di istruzione degli adolescenti. Gli Stati Uniti e l'Inghilterra si collocano nella parte bassa della scala mondiale.

Al vertice della classifica si trova invece la Finlandia, vale a dire un paese il cui sistema scolastico fino alle superiori non prevede compiti a casa e test; inoltre ha il calendario scolastico più corto in assoluto e il numero minore di ore al giorno di frequenza.

Non si può fare a meno di rimanere stupiti, perché normalmente si sente dire: «Per ottenere risultati migliori dobbiamo fare più ore a scuola, più esami, e pagare gli insegnanti in relazione ai risultati che gli allievi ottengono ai test».

L'altro aspetto sorprendente riguardo alla Finlandia è che non ci sono scuole private. La disgrazia peggiore che può accadere alla scuola pubblica è la presenza di scuole private, che sottraggono gli elementi migliori al sistema.

Allora, come fare qualcosa di positivo? Ho un'idea e una proposta.

Se penso alle Nazioni Unite, mi vengono in mente due organizzazioni - FAO e Programma Alimentare Mondiale - per le quali nutro profondo rispetto.

Qual è la differenza tra queste due organizzazioni? In grandi linee, la FAO si occupa dell'informazione, aiuta a stabilire le regole, contribuisce ad aumentare la produttività agricola e a migliorare la vita delle popolazioni rurali.

Il Programma Alimentare Mondiale è costituito invece da (in mancanza di parole più adeguate) "combattenti". Lavorano sul campo, sfamano 30 milioni di persone e molte volte sacrificano la loro vita in queste missioni.

Nelle telecomunicazioni abbiamo solo l'equivalente della FAO, l'ITU (International Telecommunication Union) che si occupa di definire gli standard nelle telecomunicazioni e nell'utilizzo delle onde radio. Non abbiamo i combattenti.

Non ci sono persone che vanno a risolvere i problemi nelle aree remote, che si occupano del sistema dei satelliti e così via. In altre parole, non esiste una World Communication Organization.

Non ambisco a presiederla, ma vorrei solo che se ne parlasse.

Questa è la mia proposta. ■



## Ertharin Cousin

Executive Director  
of the United Nations  
World Food Programme

**S**ono orgogliosa di condividere il punto di vista del World Food Programme sul ruolo cruciale della tecnologia, dello sviluppo delle infrastrutture e della lotta per ridurre la povertà nel mondo. Aggiungerei anche il problema delle carestie, perché il contrasto alla povertà non è un passo sufficiente a eliminare la fame nel mondo. Questa conferenza, che vede riunito il gotha della finanza internazionale con i più autorevoli esperti privati e pubblici di IT, sanità e lotta alla povertà, è la sede più adatta per comprendere a che punto siamo arrivati nella battaglia contro la fame e la povertà, nonché se saremo in grado di spuntarla entro il 2030. Perché, da quanto è emerso finora, il problema non è ridurre la povertà, ma eliminarla. Sappiamo già cosa dobbiamo fare: agire su più fronti contemporaneamente, implementare l'educazione, l'assistenza medica, lavorare a programmi creativi per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili e sostenibili di energia, rendendole accessibili e non più solo disponibili per i più vulnerabili.

Tutti concordano sul fatto che, per ottenere questi risultati, la soluzione sia legata alla diffusione delle tecnologie e a una più avanzata capacità di cooperazione, al coinvolgimento della intera comunità e in particolare delle donne e dei giovani. Voglio farvi l'esempio di Abebach Toga, una donna che

vive nel Sud dell'Etiopia con i suoi sei figli, che sogna possano in futuro andare all'università. Ha una piccola fattoria, dove coltiva mais e caffè che commercia attraverso la cooperativa locale. Abebach è una attenta osservatrice dei trend di mercato, sia della sua città natale di Sodo, sia di Chicago, la mia città natale. Grazie al suo telefono cellulare, è in grado di monitorare i prezzi dei prodotti in tutto il mondo. Ma i suoi sogni si possono realizzare solo se potrà avere più facile accesso al credito, all'educazione, all'assistenza sanitaria e a servizi energetici affidabili.

Abebach è un piccolo agricoltore, ma una grande sognatrice ed è consapevole del mondo fuori Sodo. Le pareti della sua capanna di fango sono ricoperte di poster con la tavola periodica, l'alfabeto latino e una immagine del Presidente Obama, perché vuole che i suoi figli crescano con un sogno futuro. Come partecipante al Purchase for Progress Programme del WFP, Abebach si occupa della formazione degli altri contadini del suo villaggio. Negli ultimi cinque anni questo programma ha fornito gli strumenti informativi e gli accessi al mercato per vendere i loro raccolti. Abebach ha capito come massimizzare il valore del suo prodotto ed evitare le perdite. Spiega che i contadini hanno necessità di due cose: un luogo privo di umidità dove immagazzinare il grano e l'accesso al mercato. Lavorando tutti insieme, noi possiamo garantirle entrambe le cose; ma immaginate se fossimo in grado di assicurarle anche l'accesso all'energia, installando pannelli solari nel suo villaggio, l'accesso alle risorse finanziarie, la sicurezza di una scuola con insegnanti, libri, classi normali. La vera "chiave di svolta" è il binomio di opportunità economica ed educazione. L'una senza l'altra sono fonte di disagio sociale.

Il mondo è pieno di Abebach, devastate dalla povertà, schiacciate dalla disuguaglianza, intrappolate dalla carenza di infrastrutture, dalla mancanza di regole sicure, dall'assenza dei servizi di base, private dell'educazione e delle risorse finanziarie. È l'insieme di tutti questi fattori a creare l'esclusione. Noi abbiamo la scienza, la tecnologia, l'esperienza per rovesciare questa situazione.

Settanta anni fa le Nazioni Unite hanno auspicato prosperità e un futuro sostenibile per tutti. Le sfide rimangono ancora aperte.

È arrivato però il momento di ridefinire gli obiettivi globali di sviluppo, di eliminare le disuguaglianze, di abbracciare fino in fondo il concetto di universalità e di garantire opportunità di riscatto alla parte più povera del pianeta. Ma siamo in grado di raggiungere questi obiettivi entro il 2030? Al momento no. Per fare un serio passo in avanti, dobbiamo stabilire nuovi obiettivi, nuove strategie e tenere conto di tre aspetti fondamentali. In primo luogo, riconoscere le sfide future per eliminare povertà e fame, intervenire sulla traiettoria distruttiva dei cambiamenti climatici, ridurre i conflitti geo-politici nelle aree a rischio, generalizzare l'accesso al credito. Di conseguenza, la risposta alle sfide di fronte a noi richiederà qualcosa di più che una semplice riformulazione degli obiettivi di sviluppo del Millennio. È improcrastinabile un cambiamento di paradigma. Gli interventi devono essere globali, le riforme sistematiche. Si impongono trasformazioni sociali, politiche ed economiche che vadano al di là dei governi nazionali.

In secondo luogo, è necessaria una partnership cooperativa efficiente. Nessuna singola organizzazione o azienda o amministrazione può da sola affrontare questa sfida. Per eliminare povertà e fame non si può fare a meno della solidarietà globale. Ciò rende prioritaria l'esigenza di andare oltre il solo settore pubblico. Non sono io, ma il Segretario Generale delle Nazioni Unite, Ban Ki-moon, a chiedere alle strutture pubbliche di collaborare con i privati.

Molte aziende sono arrivate da tempo alla conclusione che non esiste prosperità aziendale senza un benessere sociale diffuso. Ma la responsabilità sociale delle aziende è solo parte della risposta. Non è la risposta. L'industria tecnologica ha dimostrato la strada da percorrere, introducendo innovazioni che hanno portato allo stesso tempo profitti e reali cambiamenti positivi per la parte più povera delle popolazioni. Si è resa conto delle potenzialità dei mercati di nicchia e del doppio ruolo di consumatori e produttori di chi ha meno risorse. La rivoluzione della mobilità ha non solo espanso i mercati, ma ha anche permesso ad agricoltori come Abebach di accedere all'informazione e ai mercati. Il risultato consiste in una crescita della ricchezza, una superiore trasparenza sociale e lo sviluppo generalizzato delle potenzialità umane.

Le aziende devono innovare costantemente, diffondere l'implementazione e inseguire i vantaggi competitivi.

In terzo luogo, è il momento di andare oltre l'ODA (Official Development Assistance), mobilitare nuove risorse di finanziamento a livello internazionale. Naturalmente, l'ODA continuerà a esercitare un ruolo catalitico, particolarmente a sostegno dei più poveri e delle aziende più fragili. Ma l'ODA da sola non può farcela. Gli aiuti attuali ai servizi di base per mitigare la povertà sono insufficienti. Servirebbero altri 73 miliardi di dollari.

Una trasformazione vera richiede lo sblocco delle risorse del settore privato, che devono affiancare quelle pubbliche. L'insieme dei finanziamenti dovrebbe sostenere programmi multi-settoriali e interventi ambiziosi, volti a cambiare la qualità della vita delle persone.

È prioritario garantire l'accesso universale ai servizi finanziari, soprattutto alle donne e ai gruppi di minoranza. L'inclusione finanziaria permetterà ai più poveri di sfruttare le loro risorse per assumersi dei rischi e intraprendere iniziative. Si pensi solo a quello che potrebbe fare Abebach se avesse a disposizione un capitale per acquistare semplici tecnologie.

Se potesse investire in strutture di stoccaggio, sistemi di irrigazione a goccia e pannelli solari. Se usufruisse di infrastrutture per collegarsi ai mercati commerciali che conosce alla perfezione. Con l'inclusione finanziaria a sostegno all'accesso alla tecnologia, apriamo la strada a nuove opportunità di riscatto sociale.

È tempo di abbattere queste barriere, di realizzare una nuova agenda dello sviluppo e di non lasciare dietro nessuno. Abbiamo fatto tanto, ma non è ancora abbastanza. Potremo dirci soddisfatti se i figli di Abebach andranno all'università e apriranno una loro attività commerciale.

Potremo dirci soddisfatti quando le infrastrutture, l'energia e l'innovazione saranno diffuse in tutte le comunità. Potremo dirci soddisfatti quando tutti avranno la possibilità di vivere nel benessere. Oggi il compito che abbiamo davanti è di porre fine alla povertà e alla fame e la data è una: il 2030. Abebach non siederà mai tra noi, o in luoghi come questo, ma il futuro di lei e dei suoi figli è strettamente legato a come porteremo avanti i nostri impegni. ■

## Romano Prodi

### Conclusioni

Sono felice che questa conferenza sul ruolo delle tecnologie nella lotta alla povertà abbia visto una partecipazione così intensa, in termini sia di qualità degli interventi, sia di autorevolezza dei partecipanti. Oggi, più di 50 persone – esperti, rappresentanti politici, leader aziendali e leader religiosi – hanno offerto i loro contributi alla discussione. La conferenza è partita dall'idea che una sostanziale riduzione della povertà non potrà essere solo il prodotto delle scelte di politica economica, ma anche il risultato dell'impiego di tecnologie, specialmente di quelle diffuse e decentralizzate che favoriscono l'inclusione economica e sociale di chi si trovava precedentemente ai margini della società.

In particolare, l'obiettivo della conferenza era duplice. In primo luogo, abbiamo cercato di capire quale sia stato l'impatto delle tecnologie di base e dell'high tech nella riduzione della povertà. In secondo luogo, abbiamo esplorato le possibilità di mettere in piedi strategie comuni per sfruttare pienamente queste opportunità.

La Fondazione per la Collaborazione tra i Popoli proporrà ai partecipanti di contribuire alla creazione di una rete di esperti e figure professionali che approfondiscano i collegamenti tra le tecnologie e la riduzione della povertà. L'idea è di organizzare una serie di workshop legati ad alcuni dei problemi più importanti emersi nel corso di questa conferenza. L'interesse dei partecipanti si è dimostrato alto e la Fondazione vuole contribuire a dare un seguito al lavoro intrapreso. ■



## Neppure la tecnologia fa miracoli

Kentaro Toyama, professore associato alla School of Information dell'University of Michigan, rileva le criticità delle tecnologie informatiche applicate al miglioramento delle condizioni di vita.

**Brian Bergstein**

**K**entaro Toyama si definisce un «tecnodipendente guarito», vale a dire una persona che in passato «cercava una soluzione tecnologica a qualsiasi problema». Cinque anni in India lo hanno completamente cambiato. Dopo il conseguimento del PhD in informatica e un periodo di lavoro sulle tecnologie di visione artificiale a Microsoft, nel 2004 Toyama si è trasferito a Bangalore per dirigere il nuovo centro di ricerca aziendale. Insieme ai colleghi ha proposto decine di progetti per sfruttare al meglio i computer e Internet a fini educativi e per ridurre la povertà.

Ma spesso non è stato possibile replicare i successi iniziali dei progetti pilota. In alcune scuole, i computer hanno persino peggiorato la situazione. In un libro appena pubblicato, *Geek Heresy: Rescuing Social Change from the Cult of Technology*, Toyama sostiene che le tecnologie indeboliscono i tentativi di progresso sociale promuovendo «pacchetti di interventi» a scapito di riforme strutturali.

**Quando si è trasferito in India, in quel paese si respirava un clima di ottimismo sul futuro della tecnologia. Bangalore era descritta come un potenziale hub tecnologico di successo.**

Certamente, si ragionava proprio in questi termini. Ci si chiedeva come diffondere il benessere non solo tra le classi medie e quelle più istruite, ma anche tra i più poveri e i più svantaggiati dal punto di vista educativo, vale a dire l'80 per cento del paese secondo i dati ufficiali. Allora era difficile vedere in giro dei cellulari con collegamento alla rete, che si effettuava prevalentemente da PC. Io ritenevo di avere delle proposte vincenti su come modificare lo status quo, sostenendo settori strategici: assistenziale, agricolo, educativo.

**È dunque riuscito a portare avanti queste proposte con successo?**

Ho diretto o collaborato in una cinquantina di progetti. Di pochi si potrebbe dire: «Funziona così bene che lo devo diffondere in tutto il paese». In genere ciò succede perché ci sono limiti dal punto di vista istituzionale e delle capacità umane, che impediscono di trarre pienamente vantaggio dalla tecnologia.

Per esempio, nel settore educativo, una delle difficoltà maggiori è quella di cambiare il modo in cui si insegna, da come viene gestito il sistema pubblico di istruzione al modo in cui l'amministrazione centrale interagisce con le scuole.

In India, gli insegnanti vengono spesso trasferiti dal governo, che li considera impiegati statali e affida loro compiti di diverso tipo.

Un altro esempio è costituito dal sistema assistenziale.

Gli ospedali delle zone rurali non sono sicuramente il posto dove vorrebbe recarsi un paziente che vive negli Stati Uniti. Dotare queste strutture di un computer portatile, della connessione wireless e di Internet per fornire servizi sanitari a distanza con la telemedicina costituisce solo un palliativo, un cambiamento superficiale.

**Il suo libro cita Digital Green come esempio di un progetto che rappresenta un reale passo in avanti. Si tratta di un video in cui gli agricoltori condividono tecniche per la semina o l'allevamento degli animali. Qual è la ragione di questo successo?**

Abbiamo prestato molta attenzione al fatto che la tecnologia non rimpiazzasse dei servizi già esistenti di assistenza per l'agricoltura. Avremmo, infatti, solamente rafforzato un sistema che ha una sua

efficacia, basato su esperti in agricoltura che parlano ai contadini e hanno già qualche tipo di rapporto con loro.

Noi portiamo avanti queste riunioni in villaggi in cui c'è già qualcuno che si occupa di fornire assistenza agli agricoltori e può radunarli per farli assistere a delle proiezioni di documentari finalizzati. Chi fa da mediatore viene addestrato a stimolare un dibattito, che costituisce la parte essenziale del processo di apprendimento. Se non si passasse per questa fase, l'intero documentario avrebbe lo stesso valore di un filmato televisivo e sarebbe sufficiente presentarlo ai contadini nelle loro case, come già accade per altri programmi di agricoltura.

La semplice visione passiva non è sufficiente a trasmettere informazioni operative e a provocare un vero cambiamento. Se i contadini iniziano a parlare tra loro o ad ascoltare altri agricoltori più esperti, è più probabile che adottino le tecniche illustrate nei documentari.

**Cosa ne pensa dell'iniziativa One Laptop per Child, che potrebbe rappresentare il manifesto di un intervento tecnologicamente mirato sui giovani?**

Ci sono molti esempi, distribuiti sul territorio, di sperimentazioni controllate su scuole con e senza OLPC. In genere, queste sperimentazioni mostrano che i ragazzi delle scuole dotate di computer portatili non godono di particolari vantaggi in termini di apprendimento, voti, risultati nei test, partecipazione o coinvolgimento nelle attività della classe.

**Mi pare che ciò comporti qualche delusione per quanto concerne queste esemplari storie esemplari di successo.**

La componente aneddotica spinge in avanti il settore tecnologico nell'attuale contesto economico di sviluppo. È facile rendere una proposta interessante, offrendo qualche tipo di gadget a un ragazzo. L'ho fatto anche io diverse volte. La prima reazione consiste nella felicità che i ragazzi provano avendo questo gadget nelle mani.

Si tratta di un nuovo giocattolo e se ne innamorano all'istante. Impossibile non vederli sorridere se si offre loro un com-



Immagine: Patrick Leger

puter portatile. Ma si tratta dello stesso tipo di gioia che si nota nei bambini del mondo sviluppato quando tengono in mano uno smartphone e stanno giocando ad Angry Birds. Non nego che i giocattoli educativi e il gioco stesso siano importanti nella formazione di un bambino, ma credo che il loro ruolo non debba essere predominante.

Ritengo anche giusto da parte dei genitori desiderare che i loro figli acquistino una discreta confidenza con le tecnologie, sotto forma di giochi esplorativi e di conoscenza anticipatrice di quanto li aspetta nella vita.

Tuttavia, a mio avviso, è un errore ritenere che i computer costituiscano lo strumento fondamentale di educazione per tutti i bambini. Mi sembra un salto logico e mi sorprende vedere che ogni volta questo meccanismo si perpetua.

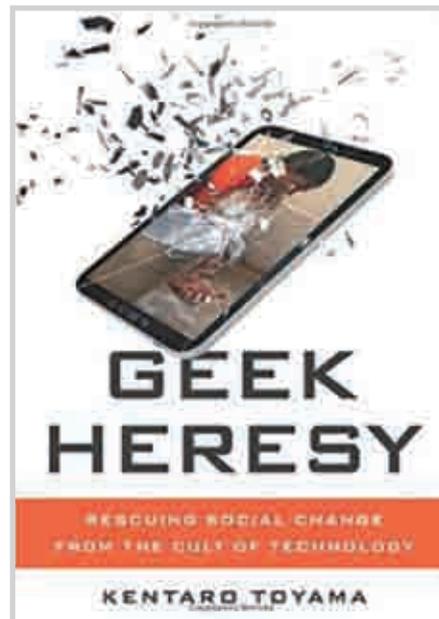
Credo dipenda dal fatto che si tende a sottolineare gli aspetti contenutistici dell'educazione. Si enfatizza l'importanza dei

contenuti, sottovalutando la parte più complessa di ogni attività realmente educativa, vale a dire la motivazione ad apprendere che l'adulto deve infondere nel bambino.

**Perché appare così difficile capire che la tecnologia in quanto tale può portare a cambiamenti solo limitati?**

Io vedo una società che fa confusione tra causa ed effetto. Prendiamo il caso dell'incredibile successo di Silicon Valley e della industria tecnologica in generale. In base alla propria esperienza quotidiana, chi di noi si può permettere un discreto benessere, ha l'impressione che la tecnologia renda tutto più semplice e conveniente. Ma è solo un'impressione, perché non ci rendiamo conto che ciò è possibile solo grazie a una serie di condizioni preesistenti. Se mancano queste condizioni, la tecnologia non garantisce questi vantaggi.

**L'errore fondamentale è ritenere che i computer siano lo strumento fondamentale dell'educazione.**



L'aspetto paradossale di questo ragionamento è che si può avere un approccio "scientifico" a questi problemi e arrivare comunque alla conclusione sbagliata.

Più volte nel mio laboratorio, abbiamo condotto delle sperimentazioni in cui confrontavamo un gruppo sperimentale e un gruppo di controllo. In quello sperimentale abbiamo introdotto delle tecnologie opportune.

Indubbiamente queste tecnologie hanno portato a dei vantaggi e ci hanno indotto a pensare che le tecnologie in quanto tali rappresentino un progresso. Ma si devono sempre considerare le persone con cui si lavora, i rapporti tra chi porta avanti il progetto sul territorio e chi partecipa alle iniziative.

Tutti questi fattori umani giocano un ruolo essenziale per determinare l'impatto positivo delle tecnologie. ■

*Brian Bergstein è vicedirettore di MIT Technology Review USA.*



## MIT Technology Review

SPAGNA

### La realtà virtuale contro Ebola

Il sistema consente di simulare protocolli di rischio e di sicurezza per la formazione del personale, dando atto di eventuali errori di procedura.

Carlos Corominas

**D**opo il primo caso di contagio da Ebola registrato in Spagna nell'ottobre 2014, a una infermiera dell'ospedale Gregorio Maranon, Maria Jesus Perez, è venuta l'idea. Pensava che avrebbe potuto utilizzare la realtà virtuale per addestrare il personale sanitario in merito a come mettere e togliere gli indumenti di protezione. Con questa idea, la Perez ha convinto l'ospedale a collaborare con il laboratorio innovativo Perception Hub, per dare vita a un sistema virtuale che guidasse gli operatori nell'applicazione dei protocolli di sicurezza e delle altre procedure mediche.

Il dispositivo risultante è composto da un visore di realtà virtuale come Oculus Rift o Samsung Gear e alcuni sensori che consentono di registrare e misurare i movimenti effettuati dagli operatori. Dopo avere posizionato il dispositivo, l'operatore è immerso in un mondo virtuale che riproduce esattamente le condizioni di lavoro in un ospedale. Se effettua una mossa sbagliata o salta un passo del protocollo, riceve una piccola scossa.

«È come per i simulatori di volo, in cui i piloti si allenano prima di pilotare un aereo», ha dichiarato la Perez, che intravede un enorme potenziale in questa tecnologia per prevenire le infezioni di medici e pazienti in ospedale, note come infezioni

nosocomiali. Nel 2014, il 5,6 per cento dei pazienti ricoverati in Spagna ha subito una infezione di questo tipo, secondo uno studio della Società Spagnola di Medicina Preventiva, Sanità pubblica e Igiene.

Per ridurre i tassi di infezione, questo progetto non si concentra solo sulla prevenzione delle malattie come l'Ebola, ma mira anche a un controllo delle normali procedure ospedaliere e chirurgiche. Una delle infezioni più comuni è la polmonite, che colpisce l'1,7 per cento dei pazienti ospedalizzati, per esempio a causa di una intubazione con materiali contaminati.

Proprio quello di una intubazione è l'esempio che Perception Hub ha scelto per presentare il sistema nelle scorse settimane a Madrid. Per circa cinque minuti, chiunque può indossare un Oculus Rift e sentirsi dentro una sala operatoria, mentre la Perez aiuta un medico.

Dopo la prima fase del processo, appare un avviso che induce lo spettatore a girarsi verso una parete della sala operatoria per leggere il punto del protocollo che ha appena superato. «In questo modo, l'operatore entra nella realtà di un'operazione, comprendendo ciascuna delle azioni necessarie per evitare il fallimento», ha precisato la Perez.

Questa formazione virtuale può aiutare gli operatori sanitari ad acquisire la necessaria praticità senza rischi per la salute. La Perez è convinta che il suo sistema possa consentire di risparmiare sui costi: «Non c'è bisogno di docenti specializzati, perché tutto è nel programma».

Secondo l'ospedale Gregorio Maranon, il costo della cura di una polmonite è mediamente di 21mila euro. «Immaginate quanti visori si potrebbero acquistare solo evitando un caso di malattia», aggiunge la Perez. La versione per sviluppatori di Oculus Rift costa 350 dollari (circa 315 euro) e Samsung Gear, insieme con il necessario smartphone, circa 1.000 euro.

Secondo l'amministratore delegato di Perception Hub, Cristian Domínguez, il vantaggio non risiede solo nella riduzione dei costi, ma nella qualità della formazione: «L'adozione della realtà virtuale consentirà di confrontarsi con situazioni del tutto identiche a quelle che si possono sperimentare nella realtà». Un altro aspetto positivo è la possibilità di offrire agli operatori una formazione continuativa, senza



Uno dei partecipanti alla giornata di presentazione di Perception Hub assiste a una operazione in ambiente virtuale.

Fotografia: Perception Hub.

che sia necessario correre affannosamente ai ripari quando si manifesta una grave epidemia come quella di Ebola.

Jose Ramon Arribas, responsabile dell'Unità per le Malattie Infettive dell'Ospedale Carlos III di Madrid, il centro in cui i pazienti di Ebola sono stati trattati in Spagna, riconosce che «la realtà virtuale può tornare utile per formare il personale in merito alle operazioni necessarie per indossare le tute di protezione», ma ritiene che resti comunque necessaria la supervisione di un operatore umano che conosca bene il processo.

A favore della combinazione di tecnologia e formazione per ridurre le infezioni nosocomiali, il segretario della Società Spagnola di Medicina Preventiva, Sanità pubblica e Igiene, Juan Francisco Navarro, fornisce un ulteriore esempio: «L'innovazione nei cateteri urinari si è tradotta in una riduzione delle infezioni del tratto urinario negli ospedali del 90 per cento». In questo caso, la tecnologia introdotta consisteva in una valvola anti-riflusso, che impedisce al paziente di venire infettato e che è entrata in funzione nel 1990. Progressi simili hanno ridotto le infezioni ospedaliere del 34,1 per cento. Secondo Navarro, la realtà virtuale può seguire un analogo percorso di innovazione tecnologica e diventare un concreto passo avanti nella formazione del personale medico. ■

Carlos Corominas collabora con MIT Technology Review Spagna.



## MIT Technology Review

CINA

### Editare il genoma di embrioni umani

Un gruppo cinese di ricerca ha confermato che le tecniche di editing del genoma non sono ancora abbastanza affidabili da ingegnerizzare la specie umana.

Antonio Regalado

**L'**editing del genoma potrebbe un giorno venire utilizzato per rimuovere geni malati dal proprio pool genico. In un primato eticamente discutibile, un gruppo di ricercatori cinesi ha modificato embrioni umani ottenuti da una clinica di fecondazione *in vitro* ricorrendo all'editing del genoma.

I 16 membri del gruppo, con base nella Università di Sun Yat-Sen a Guangzhou, si sono cimentati in questa impresa per verificare se fosse possibile correggere il difetto genetico responsabile della beta-talassemia, una malattia del sangue, editando il DNA degli ovuli fecondati.

Il rapporto del gruppo dimostra che il metodo non è ancora abbastanza accurato, confermando i dubbi scientifici sulla praticabilità di un intervento di editing genetico degli embrioni umani e sulla possibilità che persone geneticamente modificate possano presto venire al mondo. Il rapporto è apparso il 18 aprile nella rivista scientifica "Protein&Cell".

Gli autori, guidati da Junjiu Huang, sostengono che vi sia un urgente bisogno di migliorare la precisione dell'editing del genoma prima che possa venire implementato clinicamente, per esempio, nella fecondazione di bambini con geni riparati.

Il gruppo non ha provato ad avviare una gravidanza e sostiene di avere effet-

tuato i test esclusivamente su embrioni anormali per questioni etiche.

«Gli autori hanno fatto un ottimo lavoro nell'evidenziare le sfide», sostiene Dieter Egli, ricercatore della New York Stem Cell Foundation di Manhattan. «Hanno ammesso essi stessi che questo tipo di tecnologia non è pronto per alcuna applicazione».

Il rapporto era già stato fatto circolare fra i ricercatori e aveva scatenato diversi timori mettendo in evidenza quanto la scienza medica potrebbe essere prossima a giocare con il pool genico umano.

Nel mese di marzo, un gruppo industriale ha fatto domanda per una moratoria completa su esperimenti quali quello descritto in Cina, citandone i rischi e la possibilità di aprire un varco all'eugenetica, ovvero alla modifica di tratti non clinici negli embrioni, quali la statura o l'intelligenza. Altri scienziati hanno caldamente consigliato incontri fra esperti, politici e studiosi di etica per discutere se esistano usi accettabili di simili processi.

Il gruppo cinese ha riferito di avere editato i geni di oltre 80 embrioni utilizzando una tecnica di nome CRISPR-Cas9. Pure essendovi riusciti in alcuni casi, in altri la tecnologia non ha funzionato o ha introdotto mutazioni impreviste. Alcuni degli embrioni finivano per diventare mosaici genetici riparati in alcune cellule, ma non in altre.

I genitori portatori di beta-talassemia potrebbero scegliere di sottoporre i propri embrioni alla fecondazione *in vitro*, selezionando quelli che non hanno ereditato la mutazione responsabile della malattia. Eppure, l'editing del genoma apre anche la possibilità di operare modifiche germinali o riparare permanentemente il gene in un embrione, in un ovulo o nello sperma, in modo tale da influenzare non solo il nascituro, ma anche le future generazioni.

Questa idea è oggetto di un intenso dibattito, dato che per molti studiosi il genoma umano deve essere considerato sacrosanto e non soggetto ad alterazioni tecnologiche, neppure per questioni mediche. Altri ritengono che l'ingegnerizzazione germinale potrebbe rivelarsi utile, ma che le tecnologie attuali richiedano molte più prove.

Il gruppo cinese è intervenuto su ovuli che erano stati fecondati in una clinica



per la fecondazione *in vitro*, ma che presentavano anomalie a causa di una doppia fecondazione. «Ragioni etiche precludono studi di editing del genoma su embrioni normali», hanno ribadito.

Gli embrioni anormali sono ampiamente diffusi nella ricerca, sia in Cina, sia negli Stati Uniti. Almeno un centro di genetica negli Stati Uniti sta utilizzando il CRISPR su embrioni anormali scartati dalle cliniche per la fecondazione *in vitro*. Questo gruppo ha descritto aspetti del proprio lavoro alla condizione che non venisse identificato, poiché la procedura continua a essere controversa.

Le riparazioni eseguite con CRISPR si basano sui meccanismi cellulari naturalmente predisposti a intervenire sui geni. La tecnologia trasporta una proteina fino a un particolare sito nel DNA di una molecola, aprendolo. Fornendo un "template di riparazione" – in questo caso una versione corretta del gene beta-globina – il DNA può riparare sé stesso utilizzando la sequenza sana.

Il gruppo cinese sostiene che fra i vari problemi incontrati durante il loro lavoro, alle volte l'embrione ignorava il template per ripararsi utilizzando geni simili al proprio, portando a mutazioni "sconvenienti".

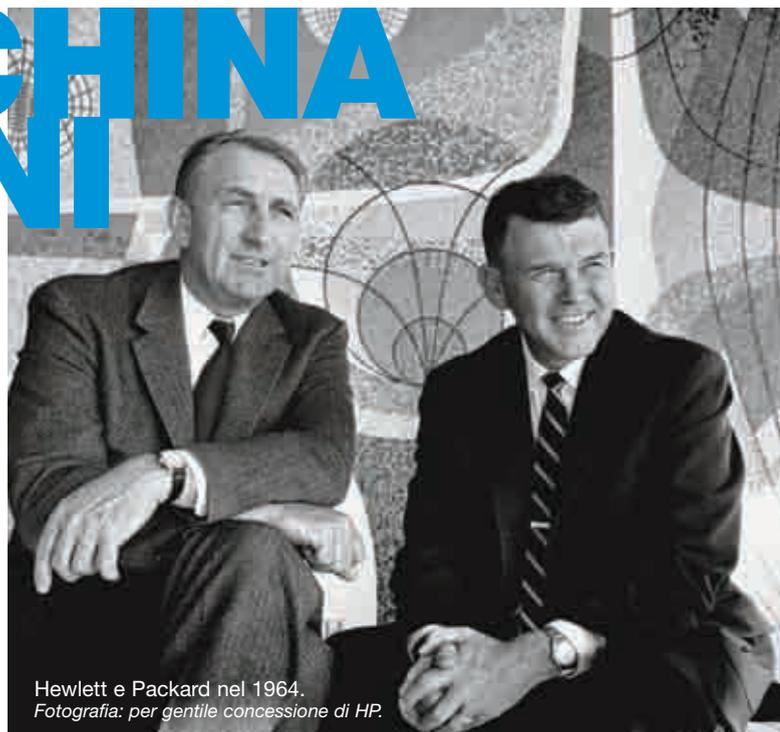
Huang spiega di avere sospeso la ricerca a seguito degli scarsi risultati. «Prima di intervenire su embrioni normali, occorre essere prossimi al 100 per cento di affidabilità», ha dichiarato a "Nature News". «Per questo motivo ci siamo fermati. Crediamo che la tecnologia sia ancora troppo immatura». ■

Antonio Regalado è responsabile del settore biomedicale di MIT Technology Review USA.

# LA MACCHINA DEI SOGNI

Una Hewlett-Packard in difficoltà scommette il proprio futuro su una radicale trasformazione della tradizionale architettura del computer.

**Tom Simonite**



Hewlett e Packard nel 1964.  
Fotografia: per gentile concessione di HP.

**N**el suo quartier generale di Palo Alto, nel cuore della Silicon Valley, la Hewlett-Packard custodisce una sorta di santuario. A una estremità dell'edificio occupato dai laboratori di ricerca, si trovano due stanze comunicanti, arredate in puro stile anni Cinquanta, vuote da anni, ma amorevolmente conservate. Da questi due uffici, William Hewlett e David Packard guidarono gli ingegneri della HP nello sviluppo di prodotti rivoluzionari come la calcolatrice programmabile lanciata nel 1968: grande quanto una macchina per scrivere, venti chili di peso.

Nell'era degli smartphone e del cloud computing persino i prodotti di punta dell'odierna HP corrono il rischio di diventare obsoleti. Negli ultimi anni entrate e margini hanno subito una forte contrazione, riducendo l'azienda in stato di crisi. HP si sostiene soprattutto con la vendita di server, stampanti e inchiostri: personal computer e portatili contribuiscono per meno del 20 per cento del fatturato. Oggi, tuttavia, le imprese hanno sempre meno bisogno di server perché possono contare sui servizi di cloud computing erogati da colossi come Amazon, che acquistano il loro hardware da fornitori molto più a buon mercato. Consumatori e aziende, inoltre, fanno sempre meno uso di stampanti e non si aspettano di pagarle a caro prezzo.

Dal 2012 a oggi HP ha tagliato oltre 40 mila posti di lavoro ed entro il 2015 prevede di separarsi in due aziende, entrambe più piccole, ma non meno problematiche (da sola l'operazione costerà quasi due miliardi di dollari). HP Inc. commercializzerà stampanti e PC; Hewlett-Packard Enterprise offrirà server e servizi informatici alle grandi imprese. Questa ultima dipenderà in larga misura da una linea di prodotti che tra il 2012 e il 2014 ha subito un calo di fatturato superiore al 6 per cento. Gli utili sono diminuiti in modo ancora più drammatico, di oltre il 20 per cento. Lo scorso anno IBM, il più diretto concorrente di HP, davanti ad analoghe pressio-

ni ha preferito cedere la propria divisione server alla cinese Lenovo.

Ciononostante, nel pieno di una crisi che potrebbe rivelarsi decisiva per la sua esistenza, HP Enterprise ha deciso di impegnarsi in un progetto ad alto rischio, con la speranza di determinare una clamorosa inversione di marcia. Quasi tre quarti del personale di ricerca e sviluppo sono focalizzati su un unico obiettivo: un nuovo, potente tipo di computer denominato *The Machine*, "La Macchina". Il progetto trasformerebbe completamente il modo di funzionare degli attuali calcolatori, rendendolo più semplice e performante. Se il piano avrà successo, potrebbe segnare un notevole passo avanti per tutti i dispositivi esistenti, dai server agli smartphone, salvando i destini di HP.

«In futuro riusciremo a risolvere problemi oggi irrisolvibili»: parola di Martin Fink, responsabile delle tecnologie HP e primo ispiratore del progetto. La Macchina darebbe alle aziende la capacità di macinare volumi di informazioni assai più estesi e complessi di quelli che possono gestire ora, prosegue il CTO di HP, e portare a termine una analisi in tempi centinaia di volte più brevi. Tutto questo potrebbe tradursi in enormi progressi in tutte le aree in cui è fondamentale analizzare in fretta tante informazioni: campi come la genomica medica, in cui la presenza di sequenziatori di geni sempre più veloci sta producendo una montagna di nuovi dati. La Macchina consumerà molta meno energia elettrica degli attuali computer, aggiunge Fink, portando a drastici tagli nelle bollette che gravano sugli immensi depositi di computer nascosti dietro i servizi di Internet. Il nuovo paradigma informatico di HP è stato pensato per venire esteso anche ai dispositivi più piccoli, consentendo per esempio a portatili e telefoni di resistere molto più a lungo con una singola ricarica.

Che una qualsiasi azienda possa davvero reinventare l'architettura fondamentale del computer suona di per sé sorprendente. Figuriamoci per HP, che dieci anni fa, perseguendo i propri obiet-

tivi di riduzione dei costi aveva rinunciato a buona parte dei suoi ricercatori e che oggi investe in ricerca e sviluppo una quota di fatturato molto più bassa rispetto ai concorrenti: nel 2014 erano stati 3,4 miliardi di dollari, pari al 3 per cento del fatturato. In confronto IBM spende 5,4 miliardi - il 6 per cento del volume d'affari - e vanta una tradizione molto più solida nella ricerca di base in fisica e scienze computazionali, necessaria per chi vuole ridisegnare l'anima del computer. Per realizzare appieno la Macchina dei sogni immaginata da Fink, gli ingegneri HP dovranno costruire un sistema di laser all'interno di un chip capace di stare sulla punta di un dito, sviluppare un nuovo sistema operativo e perfezionare un dispositivo elettronico per la memorizzazione dei dati, che nessuno finora ha utilizzato per realizzare un computer.

Parcela sarebbe un lavoro da virtuosi, sul piano dell'informatica e dell'ingegnerizzazione.

### Uno schema molto innovativo

Nel 2010 fa Fink era a capo della divisione di HP che commercializzava server ad alte prestazioni destinati ai grandi centri di calcolo e provava una sensazione di paranoia. I clienti si rivolgevano in massa alle start-up che cominciavano a offrire sistemi di archiviazione dati, basati sugli stessi chip di memoria flash utilizzati per gli smartphone, così da consumare pochissima energia. HP invece vendeva solo i tradizionali apparati di archiviazione dati basati su hard disk, molto più lenti. «La nostra risposta non era abbastanza aggressiva», ricorda Fink, «e il fatto che non riuscivamo a pensare in chiave più aperta al futuro era per me motivo di grande frustrazione».

Cercando di immaginare un modo per superare la concorrenza, Fink si chiese se la risposta giusta non fosse da cercare in un nuovo dispositivo di memoria di massa, ma in un computer riprogettato da capo a piedi. Sapeva che i ricercatori, in HP e altrove, stavano lavorando su nuove tecnologie di archiviazione dati, con cui speravano di ottenere componenti ancora più veloci delle memorie flash. Insieme ai suoi consulenti, delineò uno schema che sfruttava quelle tecnologie, per realizzare sistemi di calcolo nettamente più potenti ed efficienti sul piano energetico.

Venne diffuso un primo documento interno, intitolato *Unbound convergence* (Convergenza senza limiti) e dedicato a quel concetto, ma nessuno lo prese in considerazione. Ma quando due anni più tardi Fink venne nominato CTO e responsabile degli HP Labs, intuì che la sua proposta poteva avere una seconda chance: «Esaminando i vari gruppi al lavoro nei laboratori, mi resi conto che tutti i pezzi erano al posto giusto». In particolare, una ricerca verteva su una tecnologia alternativa ai chip flash, basata su un dispositivo chiamato "memristore". Si trattava di un componente ancora in fase di sviluppo, ma Fink riteneva che prima o poi avrebbe raggiunto velocità e densità di archiviazione tali da rendere possibile il suo nuovo approccio all'informatica. La proposta originaria venne riadattata e al nuovo computer fu assegnato un nome più accattivante: La Macchina. Questa volta funzionò.

La Macchina vuole aggiornare lo schema di base adottato dai computer fino dagli anni Settanta. Sostanzialmente i calcolatori elettronici non fanno altro che spostare dati al loro interno, tra i diverse componenti in cui sono conservati.

Uno di questi è la memoria di massa, che conserva le fotografie, i documenti, ma anche il sistema operativo del computer.



Immagine: Leo Espinosa.

Questa memoria è fatta di dischi rigidi o chip in tecnologia flash, che possono contenere moltissimi dati in pochissimo spazio, mantenendo le informazioni anche a computer spento (gli ingegneri la chiamano "memoria non volatile").

Ma tanto gli hard disk come i chip flash leggono e registrano le informazioni a velocità relativamente bassa rispetto a quella con cui i processori del computer sono in grado di rielaborarle. Quando il calcolatore deve effettuare una operazione, i dati devono venire ricopiati in una memoria a breve termine, che utilizza una tecnologia diecimila volte più veloce: i chip DRAM (memoria dinamica ad accesso casuale). Questo tipo di memoria non riesce però a salvare dati a densità elevata e si cancella quando il computer viene spento.

Questo sistema di archiviazione in due fasi si traduce nella necessità di trasferire continuamente le informazioni da un punto all'altro, consumando un sacco di tempo e di energia. Ecco perché il vostro portatile non può accendersi all'istante: prima deve recuperare il sistema operativo dal dispositivo di massa in cui è archiviato e caricarlo in memoria. Uno dei vincoli nella durata della batteria del vostro smartphone è la necessità di consumare una parte dell'energia per tenere in vita i dati custoditi in DRAM anche quando il dispositivo è a riposo.

Quello che per voi è solo un piccolo inconveniente, diventa un costoso grattacapo per chi sta lavorando su computer destinati a quel genere di elaborazioni che stanno acquistando importanza in tutti i settori, afferma Yuanyuan Zhou, docente della University of California a San Diego ed esperta in tecnologie di archiviazione dati. «Le architetture convenzionali sono un limite per chi studia problemi complessi sul piano computazionale», avverte la ricercatrice. HP stima che circa un terzo del codice di un normale software di analisi dati riguarda essenzialmente il trasferimento dei

## Lo stile HP

**1938:** Hewlett e Packard inaugurano la loro attività in un garage preso in affitto. Il primo prodotto è un oscillatore utilizzato per testare apparati audio.



Fotografie: per gentile concessione di HP.

**1951:** I dispositivi destinati agli ingegneri che devono misurare la frequenza dei segnali elettronici consolidano la seconda grande categoria di prodotti HP, contribuendo all'espansione dell'industria del nucleare.



**1964:** HP lancia un orologio atomico in grado di misurare il tempo con una precisione di un milionesimo di secondo; l'apparato serve a sincronizzarsi sugli standard di tempo internazionali.

**1966:** Nasce il primo calcolatore HP. Serve per elaborare i dati generati dagli strumenti scientifici. Il prezzo base della macchina, grande come un armadio, è di 25mila dollari.



dati dall'archivio alla memoria di lavoro e non il problema analizzato. Non è solo il rendimento generale a essere più basso.

Trasportare i dati da un tipo di memoria all'altro comporta un notevole consumo di energia, un forte fattore di preoccupazione per le aziende che fanno lavorare estesi banchi di server, osserva la Zhou. Aziende come Facebook investono milioni per cercare di risparmiare sulla bolletta energetica generata dai loro data center.

La Macchina è progettata per ovviare al problema sopprimendo la distinzione tra memoria di massa, archivio e memoria di lavoro. Un unico deposito di informazioni basato sui memristori sviluppati da HP custodirà i dati mettendoli direttamente a disposizione del processore.

Secondo Tsu-Jae King Liu, docente di microelettronica presso la University of California a Berkeley, mettere insieme memoria e archivio non è un'idea del tutto nuova, ma finora nessuna tecnologia non volatile ha garantito i livelli di velocità necessari per metterla in pratica.

Liu è uno dei consulenti di Crossbar, una start-up che sta lavorando su componenti di memoria RAM resistiva, analoghi ai memristori. Insieme ad altre aziende, Crossbar sta sviluppando la tecnologia che potrebbe sostituire i chip flash utilizzati dagli attuali dispositivi. HP è al momento l'unica a sostenere che i suoi dispositivi sono pronti a trasformare in modo ancora più radicale l'informatica.

Per fare in modo che La Macchina funzioni ai livelli di efficienza preconizzati da Fink, HP dovrà inventare chip di memoria basati su memristori, ma anche un nuovo tipo di sistema operativo progettato per utilizzare un unico, gigantesco spazio di archiviazione. Lo schema elaborato da Fink prevede anche altre due deviazioni dagli attuali paradigmi del calcolo elettronico.

Uno consiste nel trasportare i dati tra la memoria e il processore utilizzando impulsi di luce che viaggiano su fibra ottica, una alternativa più rapida ed efficiente sul piano dei consumi rispetto alle tradizionali cablature elettriche.

L'altro coinvolge l'impiego di gruppi di chip specializzati e ad alta efficienza energetica, come quelli presenti nei dispositivi mobili, al posto di un solo processore "generalista". Questi processori a basso consumo, fabbricati da società come Intel, sono già disponibili in commercio. Tutto il resto HP deve inventarselo.

## Occupazione principale

Per vari decenni nessuno ha sviluppato un sistema operativo fondamentalmente diverso. Per oltre 40 anni, spiega Rich Friedrich, responsabile del software di sistema della Macchina, ogni "nuova" versione si era basata o ispirata alle precedenti. In campo accademico la ricerca sui sistemi operativi è estremamente limitata proprio perché gli ambienti attuali sono predominanti.

Il lavoro svolto da Friedrich e dai suoi colleghi sarà determinante. Il software dovrà armonizzare tutti gli esoterici componenti della Macchina realizzando un sistema affidabile, ma sostanzialmente diverso da ogni altro computer mai realizzato. Il gruppo di lavoro dovrà dare una grossa mano anche a chi commercializzerà il nuovo sistema. Se il nuovo sistema operativo non dovesse risultare attraente agli occhi degli utenti e dei programmatori, i vantaggi tecnologici della Macchina sarebbero irrilevanti. Perciò HP ha deciso di sviluppare contemporaneamente due sistemi operativi. Uno, basato sul popolare ambiente Linux, verrà rilasciato in estate, insieme al software in grado di emulare l'hardware su cui dovrà girare. Linux++, questa la sua denominazione, non potrà sfruttare appieno la potenza della Macchina, ma in compenso sarà compatibile con la grande parte del software applicativo disponibile per Linux e i programmatori potranno testarlo facilmente. Chi lo desidera potrà fare l'upgrade al secondo nuovo sistema operativo sviluppato da HP, Carbon, che non verrà ultimato prima di almeno due anni. Per Carbon, che verrà rilasciato in open source affinché tutti possano analizzarne e modificarne il codice, si prevede uno sviluppo completamente *ex novo* per sfruttare al massimo la potenza di un computer che non fa più distinzioni tra dischi e RAM. Ripartendo da zero, sostiene Friedrich, il sistema operativo eliminerà tutte le complessità causate da anni di aggiornamenti ripetuti, che in genere conducono a blocchi e vulnerabilità.

Prove effettuate con la versione più prossima a quella effettiva della Macchina - una simulazione software implementata su un cluster di server molto potenti - forniranno una indicazione sul livello di prestazioni che il nuovo computer potrà raggiungere, una volta realizzato. In uno di questi test, la Macchina simulata è stata messa a confronto con un computer convenzionale nell'analisi di una singola immagine e nella successiva ricerca in un archivio di 80 milioni di fotografie per individuare le cinque visivamente più somiglianti all'originale. Il server HP commerciale ha

**1972:** La prima calcolatrice scientifica, piccola al punto di venire infilata nel taschino della camicia, è un successo immediato e porta all'estinzione del regolo calcolatore.



**1984:** Viene presentata la HP LaserJet, prima stampante laser da scrivania del mondo. Diventa subito un simbolo per chi lavora in ufficio.



**1995:** Il chimico Stanley Williams avvia il primo programma di ricerca di base in HP. L'obiettivo è quello di indagare sui possibili sostituti organici del silicio per ottenere transistor di dimensioni più ridotte.

**2008:** I ricercatori di Williams creano il primo dispositivo elettronico chiamato memristore, dando vita a una nuova promettente tecnologia per memorizzare le informazioni.

**2012:** Il nuovo CTO Martin Fink impegna quasi tutti i ricercatori HP nella progettazione di un nuovo computer basato sulla memoria a memristori. La prima Macchina dovrebbe essere pronta entro il 2020.



Fotografia: Martin Fink, per gentile concessione di Richard Lewington, HP Labs.

eseguito il compito in circa due secondi. Il simulacro della Macchina ha impiegato solo 50 millisecondi.

Eseguire queste operazioni a velocità decine o centinaia di volte superiori, ma con lo stesso consumo di energia potrebbe rivelarsi un vantaggio decisivo in un'epoca in cui sono sempre più all'ordine del giorno i problemi computazionali che coinvolgono insiemi enormi di dati. Una volta sequenziato il vostro genoma, ci vorranno ore perché un computer molto potente raffini i dati grezzi e produca una sequenza utilizzabile per analizzare il DNA. Se la Macchina riuscisse ad accorciare l'intero processo riducendolo a qualche minuto, le ricerche in campo genomico potrebbero procedere molto più in fretta e il sequenziamento troverebbe applicazione nella pratica medica quotidiana. Sharad Singhal, a capo della squadra di ricerche analitiche di HP, si aspetta miglioramenti particolarmente evidenti per i problemi che riguardano dati rappresentati in forma di grafi matematici, in cui le singole entità non sono strutturate in righe e colonne, ma sono interconnesse attraverso un reticolo di collegamenti. Tra gli esempi si possono citare le connessioni tra gli amici su Facebook o tra i passeggeri, i velivoli e i bagagli trasportati da una compagnia aerea. Nuove e inaspettate applicazioni potrebbero emergere quando la Macchina funzionerà davvero. «Tecniche di analisi oggi trascurate perché ritenute poco fattibili diventerebbero di colpo praticabili», afferma Singhal. «Per questa tecnologia verranno escogitati impieghi che oggi non riusciamo neppure a immaginare».

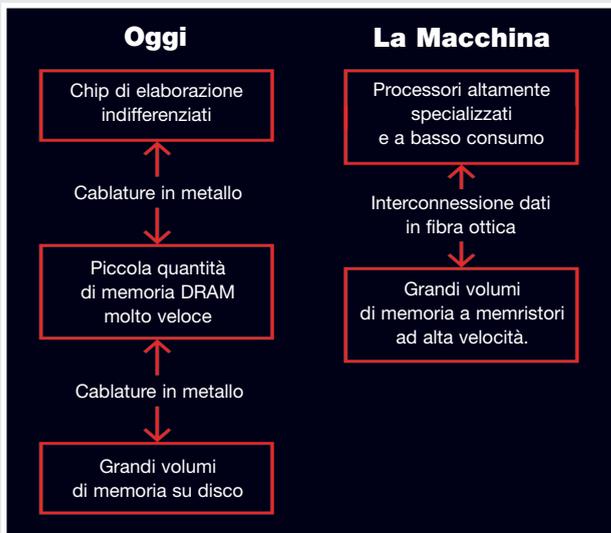
La messa a punto del memristore è un fattore cruciale se HP intende cogliere tutto il potenziale della sua invenzione. Il lavoro è concentrato nel luogo in cui Stanley Williams fece una scoperta decisiva, una decina d'anni fa, in un piccolo laboratorio al piano sottostante rispetto agli storici uffici dei fondatori dell'azienda.

Williams entra in HP nel 1995, periodo in cui David Packard aveva deciso che la sua azienda doveva impegnarsi di più nella ricerca di base. Al suo arrivo, lo scienziato si focalizza sull'impiego di molecole organiche come alternativa al silicio per la realizzazione di transistor più piccoli ed economici. Qualche anno dopo, lo scienziato era già in grado di fabbricare dispositivi dotati di adeguata capacità di commutazione, sovrapponendo strati di molecole chiamate "rotaxani" tra due elettrodi. L'effetto di commutazione riguardava l'ultimo strato di titanio utilizzato per saldare gli elettrodi sugli strati di rotaxani. Sorprendentemente, successive versioni dei dispositi-

vi basati su quei materiali sembravano dimostrare una previsione fatta nel 1971 riguardo una tipologia del tutto innovativa di componentistica elettronica di base. Nell'ipotizzare l'esistenza del dispositivo, Leon Chua, docente della University of California a Berkeley, era andato contro l'ortodossia ingegneristica di allora, secondo cui tutti i circuiti elettrici dovevano essere costituiti di tre elementi base: condensatori, resistenze e induttanze. Chua calcolò che avrebbe dovuto essercene un quarto e fu lui a coniare il termine *memristor*, o "resistenza con memoria". La proprietà fondamentale del dispositivo è che la sua resistenza elettrica - che misura la capacità di inibire il flusso degli elettroni - può venire modificata applicando una diversa tensione. Il valore di quella resistenza, una sorta di memoria delle tensioni che il dispositivo ha misurato nel passato, può venire utilizzato per codificare l'informazione.

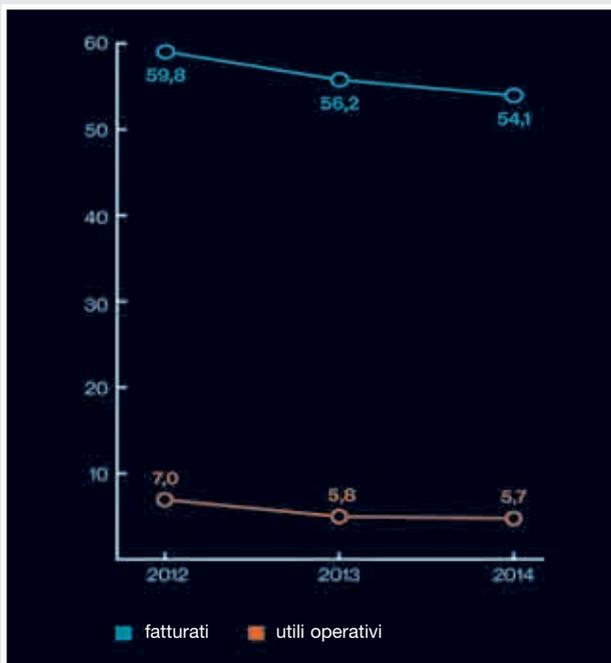
La formula più recente per il componente sviluppato da HP è molto semplice e prevede solo una sovrapposizione di film sottili di biossido di titanio per uno spessore complessivo di pochi nanometri, racchiusa tra due elettrodi. Alcuni degli strati di questa "pila" di materiale sono elettroconduttori; altri si comportano da isolanti in quanto impoveriti degli atomi di ossigeno, risultando un dispositivo dotato nel complesso di resistenza elettrica elevata. Quando agli elettrodi viene applicato un adeguato voltaggio, gli atomi di ossigeno passano da uno stato conduttore a uno isolante, consentendo alla corrente di passare più facilmente. Il ricercatore Jean Paul Strachan lo dimostra cliccando il pulsante del mouse su un indicatore contrassegnato da "1", che appare sullo schermo del suo computer. Ciò determina per un breve istante un sottile flusso di atomi di ossigeno all'interno di uno strato di biossido di titanio in un memristore realizzato su una cialda di silicio, situato a breve distanza. «Abbiamo appena creato un ponte che gli elettroni possono attraversare», spiega Strachan. Le cifre sul suo schermo indicano che la resistenza elettrica del dispositivo è più bassa di prima, di circa mille volte. Quando lo scienziato clicca sul pulsante contrassegnato da "0", gli atomi di ossigeno si ritirano e la resistenza del dispositivo torna molto elevata. È possibile commutare tra questi due stati in pochi picosecondi, una velocità mille volte maggiore rispetto ai più semplici componenti DRAM, ma utilizzando solo una frazione di energia. Cosa più importante, la resistenza rimane fissa, anche quando la tensione è stata spenta.

## Architetture a confronto



## HP: fatturati e utili delle divisioni hardware, software e servizi

(in miliardi di dollari)



Quando Williams annunciò il memristore, nel 2008, cominciò quella che oggi definisce una corsa in ottovolante. Quel risultato ottenuto nell'ambito di un programma di ricerca di base, venne rapidamente promosso allo status di progetto fondamentale per il futuro di HP. «Talvolta tutta quella adrenalina ti può travolgere», ammette il ricercatore. Da allora, il suo gruppo ha lavorato prevalentemente sui memristori e nel 2010 HP ha annunciato un accordo con la SK Hynix, un produttore di chip di memoria coreano, per

**Se tutto procedesse al meglio, Hewlett-Packard Enterprise compirà cinque anni quando le prime versioni della Macchina arriveranno in suo soccorso.**

la commercializzazione di questa tecnologia. In quel momento HP era interessata ai memristori per rimpiazzare la memoria flash utilizzata nei computer tradizionali. Poi, nel 2012, Fink si concentrò ulteriormente sullo stesso aspetto, mettendo i memristori al centro del progetto relativo alla Macchina.

### Questioni spinose

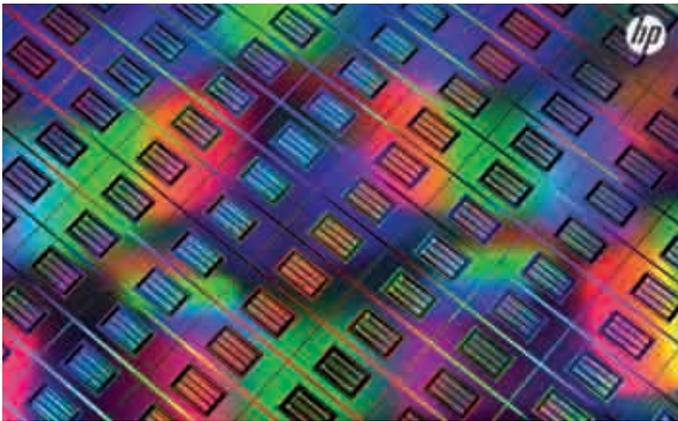
Per riuscire a sfruttare appieno i memristori, vuoi in sostituzione delle memorie flash, vuoi come base della nuova Macchina, occorre integrarli in un chip di memoria che combini una densa matrice di dispositivi con normali circuiti di controllo al silicio. Ma al momento questi chip non esistono ancora e non è chiaro quando HP potrà contarci. Sarà compito di un fabbricante di chip con SK Hynix sviluppare affidabili dispositivi a memristori che possano venire inseriti nelle sue linee di produzione. Al momento, ad HP vengono consegnate cialde di silicio in cui sono integrati dei memristori che possono venire testati singolarmente, ma non venire utilizzati per costruire un intero computer.

Fink e Williams sostengono che i primi prototipi di questi chip di memoria potrebbero arrivare entro il prossimo anno. Precedenti dichiarazioni da parte di Williams avevano fatto pensare che la tecnologia potesse entrare in fase commerciale già nel 2013, ma lo scienziato e Fink dicono che quelle affermazioni erano state male interpretate. Un portavoce della SK Hynix, Heeyoung Son, non ha voluto sbilanciarsi sul 2016 come possibile data di consegna. «Non ci sono scadenze precise», ha affermato. «Ci vorrà del tempo per raggiungere l'obiettivo».

Un altro scienziato che sta lavorando sulle tecnologie di memoria, Edwin Kan, docente della Cornell University, afferma che i progressi nel campo dei memristori e di analoghi dispositivi sembrano avere subito una battuta d'arresto nel momento in cui le aziende hanno provato a integrarli per produrre chip affidabili e ad alta densità: «Sembra una tecnologia promettente, ma lo è già da molto tempo».

Dmitri Strukov, che in passato aveva collaborato con Williams in HP, oggi ritiene che i memristori debbano ancora superare la loro prova del fuoco. Assistente della University of California a Santa Barbara e autore principale di uno studio che nel 2008 annunciava la scoperta dei memristori, Strukov sostiene che, se la documentazione tecnica rilasciata da HP e Hynix ha dimostrato la possibilità di commutare singoli memristori per migliaia di miliardi di volte senza errori, ancora non è del tutto chiaro se grandi matrici di questi componenti possano fare lo stesso: «E non è questione da poco».

Circondato da prototipi di memristori nel suo laboratorio, Williams ribadisce con entusiasmo la sua fiducia nei confronti di questa tecnologia. «Se avessi pensato che all'orizzonte ci fosse un'alternativa migliore, mi ci sarei buttato sopra nel giro di un femtosecondo», dice.



In alto, particolare di un memristore su una cialda di silicio.  
In basso, il dettaglio di un prototipo della Macchina.  
*Immagini: per gentile concessione di HP.*

Sulla parete, Williams conserva un grafico che riassume le varie tecnologie concorrenti annunciate da aziende come IBM o Samsung come possibile sostituto delle memorie flash. Con loro, HP sembra condividere lo stesso stadio di avanzamento: tutti sostengono di avere registrato passi avanti, ma il futuro commerciale dei loro dispositivi rimane incerto. Nessuna delle altre tecnologie, sostiene tuttavia Williams, sembra avere la stessa efficace combinazione di velocità, densità ed efficienza energetica dei memristori. Anche se la prima generazione di componenti non è ancora arrivata sul mercato, il suo gruppo sta già pensando a come le successive generazioni potranno condensare sempre più dati nello stesso spazio. Tra le possibili strategie si parla di sovrapporre più strati di memristori, o fare in modo che ogni memristore possa rappresentare più di un bit di informazione.

Nel laboratorio della porta accanto, i ricercatori studiano come rimpicciolire i collegamenti ottici che serviranno a interconnettere tra loro le componenti montate all'interno del computer. Ma è un progetto in una fase ancora più embrionale. Gli ingegneri di HP sono in grado di mostrare una cialda di silicio ricoperta di minuscoli laser, ciascuno di dimensioni pari a un quarto dello spessore di un capello umano, usati per trasmettere impulsi di luce attraverso esili fibre ottiche. I laser sono destinati a venire impacchettati entro minuscoli chip da integrare a bordo delle schede circuitali della Macchina per interconnettere memorie e processori. Gli odierni computer si servono di

## Per Stanley Williams il memristore offre una imbattibile combinazione di velocità, densità ed efficienza energetica.

cavi e piste metallici per questa funzione, dato che l'attuale tecnologia per i collegamenti ottici è troppo ingombrante. Fink prevede che questi saranno gli ultimi componenti della Macchina in ordine di reperibilità, verso la fine del decennio.

A quella scadenza, Fink ritiene che le prime versioni complete della Macchina potrebbero essere a disposizione di aziende e università attraverso formule a noleggio, per l'analisi su larga scala di grandi volumi di dati. In commercio ci saranno anche dei server basati sulla nuova architettura e si comincerà a lavorare per ridurre la Macchina alle dimensioni tipiche dei portatili e di altri dispositivi, dagli smartphone ai decoder per la TV via cavo.

Se tutto andrà secondo i piani previsti, Hewlett-Packard Enterprise avrà compiuto i cinque anni di vita quando le prime versioni della Macchina potranno intervenire a soccorrerla. Ma il mercato potrebbe anche reagire nei confronti delle nuove tecnologie HP con lo stesso scetticismo dimostrato oggi.

Ogni nuova tecnologia informatica fa il proprio debutto con prezzi alti e scarsa usabilità. Oggi l'interesse nei confronti dei server HP sta venendo meno perché i fornitori di servizi cloud sono in grado di fornire alle aziende l'esatto contrario: un'alternativa più economica e di facile configurazione a servizi che un tempo dovevano venire gestiti in proprio. Anche le aziende che devono investire in server di proprietà continueranno a beneficiare per molti anni dei continui miglioramenti nel campo degli apparati di rete e di archiviazione dati, osserva Doug Burger, caporicercatore in Microsoft: «Trovare davanti a un foglio bianco è bellissimo perché hai la possibilità di ridisegnare tutto, ma devi saperlo fare. È molto raro incontrare progetti capaci di rivoluzionare con successo una complessa architettura di sistema».

Fink ribatte che i suoi ricercatori sono in grado di mettere a punto strumenti che faciliteranno la migrazione verso un esotico futuro del computer. Ed è convinto che le aziende si dimostreranno più aperte nei confronti di una nuova piattaforma quando i margini legati alla progressiva evoluzione di quelle vecchie si ridurranno progressivamente.

Per altro, Fink afferma anche che la possibilità che la Macchina non veda la luce, non lo preoccupa affatto. HP potrebbe a quel punto ripiegare sulla vendita di memristori e componentistica fotonica come possibile rimedio ai difetti delle attuali architetture di calcolo, anche se al momento HP è del tutto estranea al business della componentistica. «Da questo tentativo c'è tutto da guadagnare», conclude. «Non sarà una partita a tutto o niente.» Le difficoltà vissute dall'azienda in questo momento sembrano però suggerire l'esatto contrario. ■

*Tom Simonite è redattore capo di MIT Technology Review USA.*

## Un tuffo nel passato del nucleare

La nuova versione di un vecchio progetto di reattore, potrebbe ridurre i costi dello sviluppo dell'energia nucleare.

**Kevin Bullis**

**U**na nuova versione di un vecchio progetto di reattore potrebbe rendere l'energia nucleare più pulita e più sicura e quindi più competitiva rispetto ai combustibili fossili. La Terrestrial Energy, una start-up con sede nell'Ontario, in Canada, sta commercializzando il progetto del reattore, basato sullo studio condotto presso l'Oak Ridge National Laboratory del Tennessee. La Terrestrial ha in programma di dare in licenza il progetto in Canada, entro la fine dell'anno. L'azienda sta sviluppando un reattore che impiega come refrigerante i sali fusi, invece dell'acqua.

I ricercatori dell'Oak Ridge per primi presentarono negli anni Sessanta un reattore a sali fusi e nel corso degli ultimi decenni hanno testato diversi progetti. La Terrestrial ha modificato uno di questi progetti, in modo da ridurre sensibilmente i costi dello sviluppo tecnologico.

L'energia nucleare potrebbe giocare un ruolo determinante per rimpiazzare i combustibili fossili. In ogni caso, i reattori nucleari tradizionali sono molto più costosi da costruire, rispetto alle centrali alimentate con combustibili fossili, soprattutto a causa delle norme sulla sicurezza che impongono costose pompe non indispensabili, strutture di contenimento e altre componenti progettate per prevenire un incidente di proporzioni catastrofiche. Il CEO della Terrestrial, Simon Irish, afferma che il nuovo progetto a sali fusi potrebbe consentire la semplificazione e la riduzione dei costi dei sistemi di sicurezza.

In un reattore nucleare a sali fusi, se l'energia raggiunge livelli rischiosi o se il reattore viene danneggiato, il sistema si raffredderà da solo, impedendo alla radioattività di propagarsi. I reattori nucleari tradizionali devono venire attivamente raffreddati, attraverso il pompaggio continuo di acqua. Se le pompe si fermano, il combustibile comincerà a surriscaldarsi

e ciò può condurre a una fusione e al rilascio di materiale radioattivo nell'ambiente.

Anche altre start-up, come la Transatlantic Power, stanno lavorando al lancio sul mercato di reattori a sali fusi. Questa tecnologia è inoltre oggetto di considerevoli investimenti per ricerca e sviluppo in Cina e in altri paesi nel mondo.

I progetti della Terrestrial sono molto più conservativi di quelli sviluppati dalla Transatlantic. L'azienda ha in programma di impiegare gli stessi materiali utilizzati nei reattori di Oak Ridge, mentre i progetti della Transatlantic prevedono l'impiego di nuovi materiali.

Nel reattore della Terrestrial, l'uranio è mescolato con un refrigerante a sali fusi. Se il combustibile si surriscalda troppo, fa espandere la miscela, che a sua volta rallenta la fissione e riduce il calore del combustibile. Ciò regola in maniera automatica la temperatura e impedisce il surriscaldamento. Inoltre, il refrigerante raggiunge il punto di ebollizione solo a temperature molto elevate per cui, a differenza dell'acqua, non evaporerebbe anche se le pompe smettessero di funzionare. Inoltre, se il reattore fosse danneggiato e la miscela di combustibile e refrigerante fuoriuscisse, le reazioni di fissione rallenterebbero e il combustibile fuso si solidificherebbe, trattenendo la dispersione di materiale radioattivo.

Irish afferma che il progetto ridurrà di circa due terzi lo spreco di energia nucleare, poiché il reattore funziona a temperature due volte più elevate rispetto a quelle di un reattore tradizionale, migliorando il suo rendimento e riducendo la quantità di combustibile necessario. Inoltre Irish sostiene che il riciclo del combustibile, che riduce ulteriormente lo spreco, è più semplice di quanto non lo sia nei reattori tradizionali.

Per rendere il progetto più funzionale, la Terrestrial lo ha modificato in modo che

il reattore possa venire costruito in fabbrica e trasportato su un autotreno presso la sede di una centrale. Un altro elemento distintivo del progetto Terrestrial è che le componenti fondamentali sono riutilizzabili. La sfida del progetto a sali fusi di Oak Ridge è che un materiale fondamentale come la grafite non dura molto a lungo e ciò significa che gli operatori di una centrale dovrebbero sostituirla con una certa frequenza. Il nuovo progetto prevede di collocare le parti principali del reattore, incluso la grafite, all'interno di un'unità sigillata che può venire sostituita ogni sette anni, consentendo in teoria alla centrale di funzionare in modo più semplice.

La Terrestrial sta lavorando con Oak Ridge a un progetto più dettagliato che potrebbe venire impiegato da un'azienda metalmeccanica per la realizzazione di progetti. L'azienda spera di vedere il primo reattore lanciato sul mercato, nella prima parte del prossimo decennio. ■

*Kevin Bullis è responsabile dell'area energia di MIT Technology Review USA.*

Un ingegnere di Oak Ridge ispeziona un reattore a sali fusi di una nave. Oak Ridge National Laboratory.



# Combustibile dalla luce solare

L'abbinamento di batteri a semiconduttori in nano-scala può migliorare l'efficienza della fotosintesi artificiale.

Mike Orcutt

**A**bbinando materiali in nano-scala a batteri, alcuni ricercatori dell'Università della California, a Berkeley, hanno aperto uno spiraglio verso nuovi metodi per progettare sistemi in grado di trasformare anidride carbonica, acqua e luce solare in utili composti organici, attraverso un processo simile alla fotosintesi delle piante. In futuro, questo sistema potrebbe divenire un valido sistema commerciale per produrre sostanze chimiche di rilievo, quali i precursori dei farmaci utilizzati dall'industria farmaceutica, o accumulare energie rinnovabili nella forma di combustibili liquidi.

Il traguardo della fotosintesi artificiale a elevata efficienza viene perseguito da tempo ed esistono diversi approcci al problema, ciascuno dei quali deve affrontare importanti ostacoli scientifici.

Un approccio generico consiste nel fare affidamento su microorganismi denominati elettrotropi che, con l'applicazione di elettricità, possono venire alterati per produrre alcuni blocchi chimici di base.

Il nuovo sistema è il primo in cui dei semiconduttori, in grado sia di catturare energia solare, sia di trasmettere elettricità verso i microbi, sono stati combinati direttamente con dei batteri, spiega Peidong Yang, professore di chimica e scienza dei materiali all'Università della California, a Berkeley, nonché uno degli inventori del sistema.

Sistemi analoghi precedenti facevano affidamento su ingombranti pannelli solari per fornire elettricità rinnovabile. In questo caso, nano-fili semiconduttori catturano l'energia proveniente dalla luce solare e trasferiscono gli elettroni verso i batteri elettrotropi annidati fra loro. I batteri utilizzano gli elettroni per convertire l'anidride carbonica e l'acqua in preziose sostanze chimiche, che vengono trasferite verso *E. coli* geneticamente modificati per produrre un'ampia gamma di prodotti.

Questo è il primo esempio funzionante di una simile interfaccia diretta fra batteri e materiali semiconduttori nella fotosintesi artificiale, precisa Yang, che insieme ai suoi colleghi ha dimostrato come il sistema potrebbe produrre butanolo, un polimero utilizzato nelle plastiche biodegradabili, e tre precursori farmaceutici. In teoria, potrebbe venire utilizzato per produrre diversi altri prodotti, fra cui sostanze chimiche importanti in quantità relativamente limitata.

Stando a Yang, il nuovo sistema è quasi efficiente quanto la fotosintesi naturale nell'utilizzare l'energia contenuta nella luce solare. Non è sufficiente a rendere il processo commercialmente valido, ma nuovi materiali semiconduttori ai quali starebbe lavorando il suo gruppo dovrebbero rendere il processo più competitivo: «L'efficienza è qualcosa che può venire migliorata nel futuro prossimo».

Un importante vantaggio potenziale di questo particolare design, al di là della schiera di nano-fili in grado di catturare la luce solare, è che può venire utilizzato in presenza di ossigeno.

Erico Toone, professore di biochimica e chimica della Duke University e già direttore del programma dell'ARPA-E per gli elettrocombustibili, si è concentrato sullo sviluppo di tecnologie che usino organismi elettrotropici per produrre combustibili (il programma ha finanziato il gruppo di Yang quando Toone era al comando), sostenendo che, al di là della schiera di nano-fili in grado di catturare la luce, un importante vantaggio potenziale di questo particolare design consiste nella possibilità di utilizzarlo in presenza di ossigeno.

Il batterio utilizzato da Yang non è naturalmente in grado di tollerare l'ossigeno, per cui l'utilizzo di questo organismo su larga scala risultava difficile, spiega Toone. Con questo nuovo design, i nanofili "proteggono" i batteri dall'ossigeno.

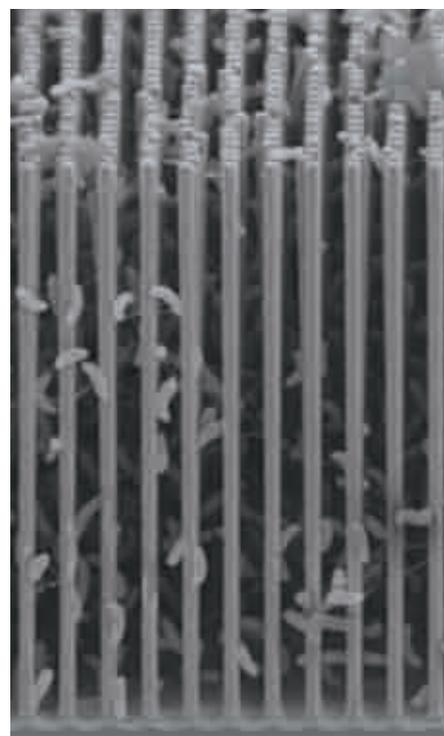
Nonostante tutto, i sistemi a base di microbi devono risolvere importanti sfide perché i batteri devono venire mantenuti in vita e persino nelle migliori delle ipotesi non vivono molto a lungo. Rispetto ai catalizzatori chimici, peraltro, i batteri sono "motori" lenti, commenta Nate Lewis, un professore di chimica della Caltech.

Yang sostiene che il traguardo finale del suo gruppo consiste nello sviluppo di un sistema sintetico più stabile rispetto a quello basato sui batteri. Al momento, però, non esistono catalizzatori migliori dei batteri nel convertire l'anidride carbonica in composti utili. Yang e i suoi colleghi stanno ora guardando al modo in cui i materiali semiconduttori trasferiscono elettroni verso i microbi.

L'indagine dell'interfaccia semiconduttori-batteri potrebbe portare a importanti rivelazioni verso la progettazione di un catalizzatore sintetico in grado di sostituire i microbi. ■

*Mike Orcutt è responsabile del servizio ricerche di MIT Technology Review USA.*

Batteri raccolti entro una schiera di nano-fili utilizzano l'elettricità tratta dai fili per produrre importanti sostanze chimiche.  
*Immagine: per gentile concessione di Peidong Yang.*



## Il mondo dei robot

Un mondo simulato e altamente realistico si sta rivelando fondamentale per i ricercatori nel campo della robotica.

**Will Knight**

In un parco fieristico di Pomona, in California, tra le varie prove organizzate dalla Defense Advanced Research Projects (DARPA), una ventina di robot si sono cimentati in una serie di sfide pensate per metterne alla prova le capacità di navigazione, manipolazione e locomozione.

Prima ancora che questi robot abbiano messo piede (o ruota) nel percorso, però, erano stati messi in riga in un mondo virtuale altamente realistico. Questo ambiente tridimensionale, denominato Gazebo permette di provare gli hardware o software dei robot senza doverli attivare realmente. Si tratta di un sistema rapido ed economico per sperimentarne le caratteristiche senza rischiare di danneggiare le preziose componenti hardware. Inoltre, permette a molti ricercatori di lavorare simultaneamente a un singolo robot.

DARPA è l'agenzia governativa responsabile per il finanziamento di ricerche avanzate e questa competizione è pensata per incoraggiare lo sviluppo di robot che potrebbero operare in ambienti estremamente pericolosi – quali una centrale nucleare pesantemente danneggiata a seguito di una fusione – ed eseguire operazioni che verrebbero normalmente svolte da operatori umani. Ogni mansione che i robot hanno dovuto compiere a Pomona simulava vitali operazioni di riparazione, quali lo spegnimento di una pompa dell'acqua, l'isolamento di un edificio contaminato o la guida di veicoli per il trasporto di componenti. La maggior parte dei robot coinvolti ha una forma umanoide, anche se ricordano maggiormente dei giganteschi ragni meccanici.

Negli ultimi anni, DARPA ha finanziato anche lo sviluppo di Gazebo. Il software richiama il genere di ambienti tridimensionali virtuali che possono venire provati in diversi videogiochi virtuali, ma offre simulazioni molto più realistiche delle forze fisiche e di fenomeni quali attrito e illuminazione. Rumori realistici si possono

trasmettere ai sensori dei robot per simulare il genere di sfide che gli sviluppatori dovranno affrontare quando un robot cercherà di completare una operazione nel mondo reale.

«Stiamo cercando di imitare la realtà nel migliore dei modi», dice Nate Koenig, CTO della Open Source Robotics Foundation che, sotto la sua guida, ha trascorso l'ultimo decennio a sviluppare Gazebo. «Il traguardo è riuscire a passare il più facilmente possibile a un robot reale».

Gazebo è parte del Robot Operating System, un software gratuito e open source per il controllo di diverse parti di un robot. Siccome il contributo dei vari sviluppatori viene raccolto dal progetto ROS, il sistema operativo ha acquistato particolare importanza come piattaforma per lo sviluppo di robot, specialmente nel contesto accademico. Un ricercatore svizzero, per esempio, sta utilizzando il software per sviluppare un pilota automatico per un veicolo quadrirotore.

«Tutto ciò appartiene a un recente processo di democratizzazione della robotica», sostiene Pras Velagapudi, un ricercatore della Carnegie Mellon University, che ha sviluppato uno dei robot della competizione DARPA. «Storicamente, l'utilizzazione di sistemi robotizzati comportava la risoluzione di una molteplicità di problemi. Occorreva creare il proprio hardware, connettere il proprio software e impostare i propri strumenti di simulazione per provare entrambi».

Alcuni robot industriali stanno già utilizzando ROS e Gazebo. La lista include i robot sviluppati dalla Rethink Robotics di Boston. Questi robot, pensati per risultare facili da programmare, possono operare al fianco degli umani nella catena di montaggio di una fabbrica. L'azienda ha sviluppato la propria piattaforma software di simulazione per clienti commerciali, ma incoraggia i ricercatori accademici a utilizzare Gazebo per provare il suo primo robot, una macchina di nome Baxter.

Un ambiente tridimensionale accurato è particolarmente utile con i robot progettati per operare in uno scenario complesso e imprevedibile. I robot coinvolti nella sfida organizzata dalla DARPA dovevano affrontare vari scenari fisici con illuminazioni variabili e un passo falso avrebbe potuto provocare dei danni.

Gazebo è utilizzato anche da molti robot partecipanti a un'altra sfida che si è tenuta a Seattle in occasione di una importante conferenza sulla robotica. Questa competizione, finanziata da Amazon, comportava la identificazione e la raccolta di oggetti da mensole, come avviene nei magazzini Amazon, che fa già uso di robot per spostare scaffali nei suoi depositi.

Joe Romano, che ha aiutato a organizzare la sfida di Amazon e lavora per una start-up di robotica attualmente in modalità stealth, ritiene che «chiunque sia intenzionato a costruire un robot vorrà simularlo nel dettaglio. Gazebo è lo strumento su cui fare affidamento».

Ciò detto, Velagapudi spiega che esistono limiti alle capacità di Gazebo, perché esistono limiti alla nostra capacità di simulare il mondo fisico. Il modo in cui un robot entra in contatto con una superficie fisica, per esempio, è difficile da simulare correttamente: «Il mondo reale presenta una enorme quantità di dettagli che sono difficili da rappresentare nei nostri modelli». ■

*Will Knight è redattore di MIT Technology Review USA.*



Fotografia: per gentile concessione di You Tube / Bot Junkie.

# Un nuovo chip per i qubit

IBM ha presentato una tecnica cruciale per lo sviluppo di computer quantistici.

Tom Simonite

**U**n chip superconduttore sviluppato da IBM realizza un importante passaggio verso la creazione di processori in grado di elaborare dati sfruttando una particolarità della fisica quantistica. In caso di successo, i computer quantistici potrebbero rendere fattibili e più rapidi vari calcoli che risultano difficili per i computer odierni.

Il nuovo chip IBM è il primo a integrare i dispositivi fondamentali per costruire un computer quantistico, conosciuti come qubit, in una griglia 2D. Secondo i ricercatori, uno dei migliori percorsi per costruire un pratico computer quantistico comporta la creazione di reti di centinaia o migliaia di qubit che collaborino fra loro. I circuiti del chip IBM sono composti da metalli che diventano superconduttori quando portati a temperature estremamente basse. Il chip opera solamente a una frazione di grado al di sopra dello zero assoluto.

Il chip IBM contiene solo la griglia più semplice possibile, formata da quattro qubit in una schiera di due per due. In precedenza, i ricercatori avevano potuto dimostrare solamente il funzionamento di qubit allineati.

A differenza dei bit binari, un qubit è in grado di accedere a uno "stato di sovrapposizione" per cui 0 e 1 si presentano simultaneamente. Quando i qubit lavorano assieme in questo stato, calcoli complessi possono venire risolti semplicemente, in modi impossibili per gli hardware convenzionali.

Google, NASA, Microsoft, IBM e il governo degli Stati Uniti stanno tutti lavorando a questa tecnologia.

Esistono vari metodi per creare qubit e circuiti superconduttori come quelli sviluppati da IBM e Google sono tra i più promettenti. Ciononostante, tutti i qubit soffrono del fatto che gli effetti quantistici impiegati per rappresentare i dati sono estremamente suscettibili di interferenze. Una grande parte del lavoro attuale è

incentrata sulla dimostrazione che piccoli gruppi di qubit possono rilevare quando si verificano errori per permettere di intervenire e correggerli.

Precedentemente, quest'anno, alcuni ricercatori dell'Università della California, a Santa Barbara, e Google avevano presentato un chip dotato di nove qubit superconduttori allineati. Alcuni dei qubit in quel sistema erano in grado di rilevare quando i dispositivi adiacenti cadevano in un errore conosciuto come bit-flip, in cui i qubit che rappresentano gli 0 passano a un 1 o viceversa.

Nonostante tutto, i qubit soffrono anche per una seconda tipologia di errore conosciuta come inversione di fase, in cui lo stato di sovrapposizione di un qubit viene distorta. I qubit possono solamente rilevare questo errore in altri qubit se operano insieme lungo una schiera bidimensionale, spiega Jay Gambetta, capo del gruppo di ricerca per l'informatica quantistica di IBM presso il centro T.J. Watson di Yorktown Heights, a New York.

Un documento pubblicato recentemente spiega nel dettaglio come il chip IBM formato da quattro qubit disposti in un quadrato riesca a rilevare sia i bit-flip che le inversioni di fase. In pratica, un paio di qubit controlla l'altro. Una coppia di qubit controlla la presenza di bit-flip, mentre l'altra controlla la presenza di una inversione di fase.

«Questa è una pietra miliare verso la dimostrazione di un quadrato più grande», ha detto Gambetta. «Con l'aumentare delle dimensioni si presenteranno nuove sfide, ma i prossimi passaggi sembrano alquanto promettenti».

Gambetta spiega che il suo gruppo ha dovuto progettare attentamente il nuovo chip per superare i problemi di interferenza provocati dalla vicinanza dei vari qubit e che oggi sta sperimentando un chip composto da una griglia di otto qubit in un rettangolo di due per quattro.

Raymond Laflamme, direttore dell'istituto per l'informatica quantistica presso l'Università di Waterloo, in Canada, descrive i risultati della IBM come «un'importante passo verso la creazione di processori quantistici affidabili». La risoluzione degli errori è uno dei problemi più importanti. «L'informatica quantistica promette applicazioni sorprendenti, ma è vincolata dalla fragilità dell'informazione quantistica».

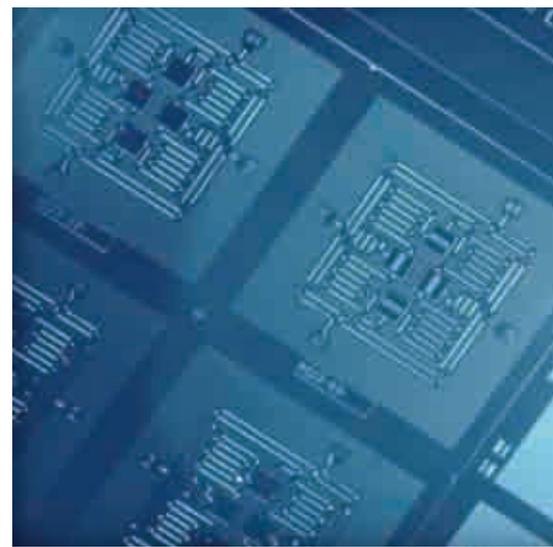
La risoluzione di questo problema richiederà alcuni passi in più rispetto a quelli compiuti da IBM, non solo con il rilevamento degli errori, ma anche con la loro correzione. Questo processo potrà venire sperimentato su griglie più grandi, spiega Laflamme.

Ciononostante, non tutti i ricercatori di informatica quantistica ritengono che qubit come quelli sviluppati da IBM, Google e altri saranno in grado di operare su grandi volumi.

Alcuni ricercatori di Microsoft e dei Bell Labs stanno lavorando alla creazione di un design completamente differente che dovrebbe risultare meno predisposto a errori. ■

*Tom Simonite è redattore capo di MIT Technology Review USA.*

Se portati alla frazione di un grado sopra lo zero assoluto, i quattro elementi neri al centro del circuito di questa immagine possono rappresentare dati digitali utilizzando effetti di meccanica quantistica.



## Una mano artificiale

IIT e INAIL hanno completato il primo prototipo di mano artificiale poliarticolata, polifunzionale e antropomorfa.

**D**erivata dalla tecnologia robotica dell'IIT e perfezionata grazie alle competenze tecniche del Centro Protesi INAIL di Budrio, il primo prototipo di mano artificiale è stato presentato il 20 aprile scorso.

La nuova mano consente il recupero della funzionalità complessiva ai pazienti amputati di arto superiore. Realizzata con il contributo della stampa 3D, in materiale plastico e con alcune componenti metalliche, la mano artificiale è robusta, leggera (meno di 500 grammi) ed estremamente flessibile, grazie all'ingegnerizzazione di un tendine artificiale che consente di riprodurre i movimenti naturali. Il paziente controlla la mano protesica attraverso due sensori che recuperano il segnale naturale dei muscoli residui.

Entro il 2017, a conclusione della fase di sviluppo preclinico con i pazienti del Centro Protesi INAIL di Budrio, il dispositivo verrà reso disponibile alle persone con specifica disabilità, attraverso una nuova start-up, che sta nascendo in seno a IIT.

Il progetto completamente Made in Italy, vede la luce dopo circa un anno dalla sigla dell'accordo INAIL-IIT, del dicembre 2013 per lo sviluppo di nuovi dispositivi protesici e riabilitativi avanzati, con investimenti congiunti complessivi pari a 11,5 milioni di euro.

Il progetto scientifico, guidato da Antonio Bicchi, Giorgio Grioli e Manuel Catalano di IIT, è stato sviluppato grazie al lavoro congiunto con Rinaldo Sacchetti, Emanuele Gruppioni e Simona Castellano per INAIL.

Gli ulteriori dispositivi attualmente in fase di pre-industrializzazione consistono in un esoscheletro motorizzato per la deambulazione di persone paraplegiche e una piattaforma robotica per la riabilitazione in campo ortopedico, neurologico e tutte le patologie connesse all'invecchiamento. ■

## Sindrome di Down

Un comune farmaco diuretico ha mostrato un effetto positivo su una delle principali cause di ritardo mentale.

**L**a Sindrome di Down origina da un'anomalia del corredo cromosomico, che vede la presenza di una terza copia del cromosoma 21. Tale difetto genetico (trisomia 21) determina reti neuronali caratterizzate da difetti di comunicazione a livello delle sinapsi, strutture specializzate dove l'informazione passa da un neurone all'altro. Attualmente non esistono trattamenti farmacologici in grado di migliorare i disturbi cognitivi associati alla sindrome di Down. Lo studio dell'IIT, pubblicato su "Nature Medicine", propone una prima possibilità di cura.

I ricercatori dell'Istituto Italiano di Tecnologia, coordinati da Andrea Contestabile e Laura Cancedda, hanno studiato l'azione del Bumetanide, un comune farmaco diuretico, sulla comunicazione delle cellule neuronali che nella Sindrome di Down è alterata.

In particolare, il gruppo di ricerca ha scoperto che nella Sindrome di Down il neurotrasmettitore GABA (acido gamma-amino butirrico), che normalmente regola la comunicazione neuronale moderando il flusso di informazioni, funziona al contrario: invece di inibire la comunicazione tra le cellule, la promuove. Il farmaco è in grado di regolarizzare tale attività.

«Il corretto scambio di informazioni tra i diversi gruppi di neuroni del nostro cervello dipende dal perfetto bilanciamento

tra l'azione di neurotrasmettitori eccitatori ed inibitori. Nella Sindrome di Down, l'azione inibitoria del GABA si trasforma in eccitatoria e il flusso di informazioni tra neuroni diventa eccessivo e sregolato.

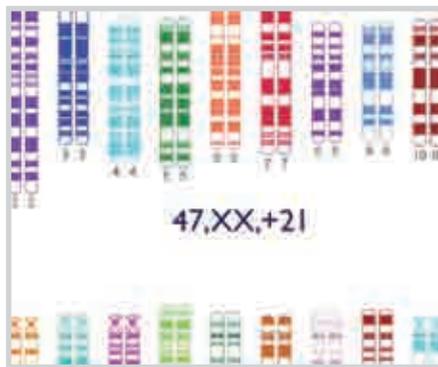
Questa inversione operativa del GABA è dovuta allo squilibrio di un elettrolita, l'ione cloruro. Tuttavia l'azione inibitoria del GABA può venire ristabilita riducendo la concentrazione di ione cloruro tramite l'azione del diuretico Bumetanide», spiega Andrea Contestabile, uno dei coordinatori del lavoro e ricercatore nel dipartimento di Neuroscienze di IIT.

«Dopo aver scoperto la singolare azione eccitatoria del GABA nei neuroni trisomici, abbiamo dimostrato che la somministrazione di un comune diuretico poteva ristabilire la normale azione inibitoria del neurotrasmettitore», precisa Laura Cancedda, *group leader* presso il dipartimento di Neuroscienze all'IIT. «Il trattamento farmacologico ha determinato un completo recupero sia dei processi di comunicazione sinaptica, sia di memoria e apprendimento in animali adulti».

I farmaci attualmente disponibili per ridurre l'azione del GABA possono portare a effetti collaterali, anche pericolosi, tra cui l'insorgenza di crisi epilettiche. Pertanto, l'obiettivo della ricerca era di identificare una strategia farmacologica innovativa in grado di modulare l'azione del GABA senza il rischio di dannosi effetti collaterali.

«Questo risultato è di grande importanza dal punto di vista clinico, in quanto la Bumetanide è un farmaco noto, presenta pochi o nulli effetti collaterali ed è quindi un farmaco molto più sicuro di quelli precedentemente proposti. Inoltre l'anomala azione eccitatoria del GABA, che abbiamo individuato, potrebbe essere comune a molte malattie del neurosviluppo e quindi portare ad altre importanti scoperte», conclude Laura Cancedda.

Sulla base di questi studi, è in programma la sperimentazione del farmaco in un gruppo di pazienti con Sindrome di Down, in collaborazione con l'Unità Operativa di Neuropsichiatria Infantile dell'Ospedale Pediatrico Bambino Gesù di Roma, guidata dal prof. Stefano Vicari, che potrebbe portare a scoprire l'efficacia del farmaco nel migliorare i sintomi clinici e la qualità della vita delle persone affette dalla Sindrome di Down. ■



## Integrazione modale ferro-gomma

L'impegno di FS Italiane per un nuovo sistema intermodale

**L**a domanda di mobilità nel nostro Paese è in costante aumento. Fenomeni come quello del decentramento urbano, che ha avuto luogo nel recente passato e che ha visto la formazione di aree metropolitane extraurbane, ma dipendenti dal nucleo cittadino, hanno prodotto un forte aumento del pendolarismo. Per rispondere adeguatamente alla crescente domanda di servizi di trasporto, è necessario adottare una nuova strategia in grado di superare la separazione funzionale tra le differenti modalità di trasporto ferro-gomma, a favore di un nuovo approccio di sistema.

Solo una strategia basata sulla collaborazione tra i diversi vettori infatti, può portare a un innalzamento dei livelli di servizio a parità di costi per i passeggeri, ottimizzando l'intero sistema dal punto di vista economico e dell'impatto energetico e ambientale. Va ricordato, comunque, che la scelta della tipologia, della quantità e dei costi del servizio, spetta alle autorità regionali e che i diversi vettori, sul piano dell'offerta complessiva, svolgono la sola funzione di partner tecnico.

Per raggiungere questo importante obiettivo, Trenitalia (la società di trasporto del Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane), ha individuato azioni mirate che costituiscono parte integrante del Piano Industriale di Gruppo per il periodo 2014-2017. Gli interventi previsti riguarderanno, da un lato, il rinnovamento dell'offerta commerciale con l'adozione di nuove tecnologie per l'acquisto dei biglietti integrati e la riorga-

nizzazione dei canali di vendita e, dall'altro, la riprogettazione dei servizi di trasporto attraverso la creazione di percorsi di continuità fra diversi vettori.

Più in particolare, relativamente al primo aspetto, per fornire ai viaggiatori un servizio interoperabile e intermodale su base nazionale, sarà introdotta la possibilità di acquistare il biglietto per viaggi integrati, locali o nazionali, utilizzando un'unica Smart Card Trenitalia sulla quale si potranno "caricare" i titoli di viaggio di diversi operatori. L'utilizzazione di questo sistema, in fase sperimentale in Piemonte, ha consentito di registrare ottimi risultati e presto sarà gradualmente estesa a tutto il territorio nazionale. Successivamente, grazie all'adozione della tecnologia Near Field Communication (NFC), che consente lo scambio di dati tra dispositivi mobili, i viaggiatori potranno utilizzare il proprio smartphone come supporto per l'acquisto, la validazione e il controllo del loro biglietto integrato. Questa tecnologia sarà adottata inizialmente sulla tratta ferroviaria Roma-Fiumicino Aeroporto. Maggiore impulso sarà dato anche alla diffusione delle tecnologie x-Code (codici a barre crittografati che garantiscono un maggiore livello di sicurezza) per i titoli di viaggio integrati da caricare su supporto cartaceo, mobile e Smart Card.

Per quanto riguarda l'infrastruttura ferroviaria, Rete Ferroviaria Italiana (il gestore del network nazionale) ha in corso e in programmazione interventi per incrementare gli standard prestazionali (capacità di traffi-

co e frequenza) delle linee di accesso ai nodi urbani. RFI, con specifici interventi di riqualificazione, adegua le stazioni agli standard europei: innalza a 55 cm i marciapiedi, per facilitare entrata e uscita dai treni; migliora l'accessibilità (attivazione di ascensori, nuove rampe di accesso e abbattimento delle barriere architettoniche); installa nuovi monitor e impianti di diffusione sonora per una più efficiente ed efficace informazione audio e video ai viaggiatori; utilizza sistemi di illuminazione a led con benefici in termini di attenzione all'ambiente e migliori performance di luminosità, anche per la sicurezza dei clienti.

In questo contesto, fondamentale sarà rendere lo scambio intermodale realmente vantaggioso per i cittadini, aumentando la facilità di accesso al servizio grazie al miglioramento di tutti gli elementi che lo compongono. Sarà indispensabile la progettazione integrata dei servizi attestati sull'interscambio, come la prossimità dei capolinea dei differenti vettori, con percorsi di collegamento dedicati, coperti e opportunamente segnalati. La viabilità dei mezzi pubblici per l'accesso alle aree di interscambio dovrà essere adeguatamente protetta, per esempio con corsie riservate e salti semaforici, e dovrà essere opportunamente regolamentato anche l'accesso dei mezzi privati a tali aree.

La parola chiave è, dunque, integrazione modale in un'ottica di sistema, per garantire in futuro una mobilità veloce, capillare, ecologica, di facile accesso e quindi davvero vantaggiosa per l'intera collettività. ■

*A cura di Bruno Zene,  
in collaborazione con Trenitalia,  
Divisione Passeggeri Regionale.*

*Fotografie: Creatività e Broadcasting - FS Italiane.*



# LE RETI DELLA PERSUASIONE

Siamo circondati da tecnologie sempre più intelligenti che cercano di rilevare e condizionare il nostro comportamento. Come funzionano? E con quale finalità?

**Nanette Byrnes**

I giochi GSN, come il poker e il bingo su apparecchi mobili, raccolgono miliardi di segnali ogni giorno dai telefoni e tablet di chi gioca, rilevando una serie infinita di dati: dal tempo trascorso a giocare al tipo di gioco preferito, alla reazione di chi perde. Se due persone scaricano simultaneamente il gioco sullo stesso tipo di telefono, in poco meno di cinque minuti i loro giochi iniziano a differenziarsi, ognuno su misura dello stile di gioco individuale.

Tuttavia GSN non si limita a registrare le preferenze dell'utente e personalizzare i servizi, come fanno tante aziende del settore. Nel tentativo di indurre a giocare più a lungo e a provare nuovi giochi, GSN sfrutta i dati dei telefoni alla ricerca di segnali di stanchezza dell'utente. Misurando la frequenza, la forza e la rapidità della pressione esercitata sullo schermo, l'azienda è in grado di prevedere con un ottimo livello di accuratezza se l'utente sta perdendo interesse e può offrire dei giochi alternativi prima che ciò accada.

I giochi sono gratuiti, ma GSN mostra avvisi pubblicitari e vende articoli virtuali utili a chi gioca, per cui più riesce a mantenere l'utente in gioco più ha la possibilità di guadagnare denaro. I suoi crescenti profitti sono una riprova di come il meccanismo funzioni alla perfezione, dice Portman Wills, responsabile dei sistemi d'informazione di GSN. Le tecniche persuasive insieme al design creativo e alla tecnologia avanzata garantiscono il successo dei prodotti aziendali.

L'idea che i computer, i telefoni mobili, i siti Web e altre tecnologie possano venire progettati allo scopo di condizionare il comportamento degli utenti risale ai primi anni Novanta, quando B.J. Fogg, un ricercatore di Stanford, coniò l'espressione *persuasive computing*, il cui significato si è allargato fino a diventare *persuasive technology*. Ma oggi molte aziende si sono spinte ancora un passo più avanti, sfruttando le tecnologie che "misurano" i comportamenti dell'utente per creare prodotti che non si limitano a persuadere, ma sono ideati per promuovere nuove abitudini.

Se indurre a un certo tipo di comportamento come modello commerciale era prima esclusivamente limitato ai casinò e ai produttori di sigarette, oggi la tecnologia offre alternative di questo tipo a una larga fascia di aziende. Le indicazioni che provengono dalla psicologia e dall'economia comportamentale su come e perché le persone facciano determinate scelte, combinate alle tecnologie digitali, ai social media e agli smartphone, hanno permesso a chi progetta siti

Web, applicazioni e una larga varietà di altri prodotti di creare sofisticate tecnologie persuasive. Come funzionino queste tecnologie e quali siano le loro finalità sono le domande a cui si cerca di rispondere. Con i nuovi strumenti digitali, aziende che una volta sarebbero state semplici produttori di hardware (come Jawbone) o fornitori di servizi (come Expedia) stanno diventando degli *influencer*, vale a dire dei persuasori, che esaminando il modo di fare scelte degli utenti cercano di condizionarne gli stili comportamentali.

Mentre Expedia ha ideato un sito Web che nelle sue intenzioni dovrebbe diventare meta di visite quotidiane, Jawbone ha prodotto dei bracciali indossabili per il fitness e altri dispositivi che il manager Kelvin Kwong descrive in grandi linee come «il frutto della nostra conoscenza del funzionamento del cervello al servizio della vita di tutti i giorni». E Kwong assicura che i risultati si vedono. Inviando messaggi a chi indossa un bracciale, Jawbone avrebbe permesso agli utenti di guadagnare, in media, 23 minuti di sonno a notte e di incrementare il movimento del 27 per cento.

Habit Design, che ritiene di possedere il migliore programma di "addestramento" a nuovi comportamenti, assume prevalentemente *game designers* e persone che hanno conseguito un PhD in scienze comportamentali. L'azienda dice di avere creato una piattaforma che fidelizza per oltre tre mesi il numero di partecipanti ai programmi aziendali per il benessere. Secondo Michael Kim, un ex dirigente di Microsoft, oggi CEO di Habit Design, i corsi tradizionali perdono normalmente l'80 per cento dei partecipanti nei primi 10 giorni.

I nuovi modelli di persuasione centrati sui dati stanno cambiando il mondo non solo delle start-up più recenti, ma delle figure più note di "persuasori", dai consulenti politici alle agenzie pubblicitarie. In politica, stanno fiorendo una serie di società di consulenza che ripropongono il modello di analisi di dati e le tecniche di persuasione utilizzate con successo da Obama nella sua campagna elettorale. Una storia esemplare è quella di Rocket Fuel, un'azienda pubblicitaria di Redwood City, in California. I suoi dipendenti vantano specializzazioni in teoria dei giochi e modelli previsionali e l'azienda sfrutta l'intelligenza artificiale per individuare i migliori avvisi pubblicitari da proporre a chi guarda una particolare pagina Web, tenendo conto di una lunga serie di dati raccolti dai siti web: la navigazione, la lista degli acquisti associati a un indirizzo IP di un determinato cliente, lo stile delle pub-



Illustrazione: Joost Swarte.

blicità di successo. Fondata nel 2008, l'azienda sostiene che i suoi avvisi pubblicitari mirati generano ricavi per ogni cliente che oscillano tra le due e le otto volte la spesa sostenuta per la pubblicità. Lo scorso anno Rocket Fuel ha fatturato più di 400 milioni di dollari.

Gli esperti di mercato ritengono che ci sia un potenziale vantaggio per i consumatori, in termini di servizi e offerte. «Chi compra sa

che le aziende possiedono dei dati su di loro e vorrebbero solamente ricavarne dei vantaggi», afferma Philip Wickline, CEO di Zaius, una startup di Boston che sta allestendo una piattaforma per monitorare i comportamenti dei clienti, con il loro permesso, nei negozi, on-line e in altri contesti. Con queste informazioni, le aziende potranno comprendere meglio il «valore» di ogni cliente e misurare con più efficacia il tipo di avviso pubblicitario da proporre.

In considerazione della delicatezza dei dati di cui le aziende entrano in possesso e del loro tentativo di condizionare i comportamenti degli acquirenti, quali dovrebbero essere i limiti di queste tecniche di persuasione, ormai così sofisticate da risultare pressoché invisibili? Esistono già limiti legali per commercializzare un prodotto che le aziende devono rispettare.

Ma lo sviluppo delle tecnologie impone un aggiornamento di tali regole. Invece di cercare di intervenire sulle azioni intraprese dalle aziende per modificare il comportamento degli acquirenti, una soluzione più pratica potrebbe essere che chi porta avanti queste strategie sottoscriva dei principi di trasparenza e comunicazione aperta. Il consumatore potrebbe accettare per iscritto di ricevere avvisi pubblicitari «persuasivi» in cambio di un qualche vantaggio in termini di benessere personale. ■

*Nanette Byrnes è responsabile dell'area affari di MIT Technology Review USA.*

## Come tu mi vuoi

Robert Cialdini, esperto in scienza della persuasione, parla dei suoi nuovi metodi.

**George Anders**

**L**o psicologo Robert Cialdini si occupa di scienza della persuasione fino dagli anni Settanta. Durante la sua lunga carriera all'Arizona State University, si è trovato di fronte a situazioni di ogni tipo: dal modo in cui le banche del sangue attraggono i donatori, alle ragioni per cui alcune persone raccolgono la spazzatura e altre non lo fanno. Il libro più conosciuto di Cialdini, *Influence*, ha venduto 2 milioni e mezzo di copie in tutto il mondo. Cialdini sostiene che le forme di persuasione si possono raccogliere in sei categorie fondamentali: reciprocità, simpatia, scarsità, autorità, coerenza e riprova sociale (imitazione). Ciascuna di loro, secondo Cialdini, produce inevitabilmente una sorta di acquiescenza automatica, che porta a un consenso istintivo.

**Uno dei principi base è che per persuadere una persona non si può fare a meno di mostrarsi simpatici. È ancora vero quando, come oggi, si parla di commercio on-line?**

Sì. Spesso ci si lamenta che le e-mail e Internet sono strumenti «freddi». Ma ci sono decine di modi per riempirli di «umanità». Alcune ricerche mostrano che se si mette un disegno animato sulle e-mail, si hanno maggiori probabilità di successo in una trattativa. Non si è più una controparte, ma si diventa una persona dotata di senso dell'umorismo, animata da sentimenti positivi. Per esempio, anche replicando lo stile di scrittura dell'altra persona si incrementano le possibilità di una buona riuscita dello scambio comunicativo. Se l'altra persona utilizza emoticon o punti esclamativi, è buona strategia fare lo stesso.

**Non stiamo correndo sempre più il rischio di dare peso solo chi la pensa come noi e di trascurare tutto il resto del mondo?**

Condivido questa preoccupazione. Credo che la tendenza sia alimentata principalmente da una spinta alla polarizzazione anche in campo politico. Si tende ad andare

nei posti in cui si ascoltano le opinioni che si vogliono ascoltare. In questo modo i nostri preconcetti si rinforzano.

**Spesso ha parlato di un «si impulsivo», in cui le tecniche di persuasione ci condizionano così profondamente da spingerci a fare scelte senza un'adeguata riflessione. Perché?**

Nelle risposte automatiche c'è di buono che aumentano la nostra efficienza. Non dobbiamo stare lì a riflettere sulla decisione da assumere. Se il nostro consenso viene da un contesto sociale o da un'autorità, può anche andare bene, ma rimane l'aspetto negativo del nostro mancato ragionamento. Non stiamo pensando, stiamo reagendo d'istinto. E ciò ci rende vulnerabili a chi sta manipolando le situazioni. Tuttavia, si tratta di un meccanismo inevitabile.

Il ritmo dell'informazione è sempre più pressante e spesso non abbiamo il tempo di fermarci e riflettere a fondo su quanto facciamo quotidianamente. È naturale adottare queste scorciatoie. ■

*George Anders è collaboratore di MIT Technology Review USA.*

## Venditori di fumo

I falsi account possono inflazionare i contatti dell'utente, manipolare i messaggi politici e inquinare il marketing sociale.

Tom Simonite

I ricavi pubblicitari stanno crescendo su Facebook e Twitter in linea con la crescente consapevolezza che le persone possono venire influenzate dai messaggi promozionali inseriti tra gli aggiornamenti degli amici.

Ma non ogni impresa commerciale che si avvale del potere persuasivo dei media sociali ha impostato un account aziendale o paga per un avviso pubblicitario. I falsi account gestiti da manodopera a basso costo o da software automatici sono diventati a loro volta un buon affare. Vengono utilizzati per inflazionare i contatti dell'utente, per inserire spam o malware e persino per manipolare i discorsi politici. Il sistema di "falsificazione" si sta diffondendo costantemente e appare sempre più sofisticato.

Su Twitter almeno uno su 20 account è falso. Su Facebook la percentuale è poco più dell'1 per cento sugli utenti attivi. Gli strumenti software che aiutano a creare una pletora di nuovi account si possono facilmente trovare o comprare on-line, spiega Christo Wilson, un ricercatore della Northeastern University, che ha approfondito il problema dei falsi account.

Uno dei suoi studenti ha di recente messo alla prova alcuni di questi strumenti e ha impostato 40 account su Twitter in una sola giornata prima che l'azienda bloccasse le nuove registrazioni sulla connessione Internet. Con alcune semplici misure precauzionali, gli autori dell'inganno avrebbero probabilmente potuto creare molti più account. Gli investitori vagliano costantemente il numero di utenti attivi per valutare il valore e il potenziale delle reti sociali. Pertanto, i siti stanno bene attenti che i loro sistemi di sicurezza non blocchino l'utenza legittima, continua Wilson, lasciando così spazio alla fioritura dei falsi account, che si danno una patina di credibilità copiando le informazioni dei profili, raccogliendo fotografie dal Web e creandosi una rete di

falsi amici, in virtù del fatto che chi si collega a una rete sociale, è spesso in cerca di nuove connessioni.

Una volta insediato un falso account, il sistema più semplice per fare soldi è quello di gonfiare rapidamente il numero di followers o "Mi piace". Non è difficile trovare siti che offrono 100mila nuovi followers su Twitter a poco meno di 70 dollari. I "Mi piace" di Instagram e Facebook e i "Pin" di Pinterest sono a loro volta facilmente acquistabili. Avere molti followers e "Mi piace" rinforza un'impressione positiva sul sito di quell'utente o di quella azienda. Può anche influenzare, inoltre, gli algoritmi utilizzati dalle reti sociali o da altre aziende per raccomandare i siti accreditati.

I falsi account vengono impiegati in forme più sofisticate per manipolare i dati sul consenso intorno a iniziative sociali e convincere gli utenti reali a unirsi alle iniziative. Gli account sono controllati sia da software, sia da utenti di Internet dei paesi più poveri che vengono pagati pochi centesimi per azione.

Di recente, gli account automatici stanno intraprendendo numerose campagne commerciali. Una ricerca del 2014 condotta su 12 milioni di utenti di Weibo, l'influente rete sociale cinese che emula Twitter, ha calcolato 4,7 milioni di account che cercano di pubblicizzare con il passaparola l'assistenza per particolari prodotti. Si trattava in massima parte di account automatici che amplificavano alcuni messaggi, menzionando prodotti o servizi, di persone con un largo seguito (messaggi probabilmente pagati dal brand pubblicizzato). L'anno scorso, per esempio, i tweet automatici facevano parte di una frode che ha fatto salire il valore di Cynk, un'azienda tecnologica i cui titoli erano scarsamente quotati, a 5 miliardi di dollari in pochi giorni.

Filippo Menczer, un professore dell'Indiana University, sostiene che dei software automatici, i cosiddetti social bots,

interagiscono con altri utenti e sono attivi su Twitter e altre reti, ma sfuggono ai rilevamenti. Alcune ricerche sperimentali, dice Menczer, hanno mostrato che questi bots sono in grado di raccogliere capitale sociale e di intrattenere relazioni sociali.

Mano a mano che le reti sociali si legano sempre più strettamente alle spese personali e alle attività economiche in generale, gli incentivi a utilizzarle si moltiplicano, conclude Menczer.

Il DARPA, l'agenzia di ricerca del Pentagono, che è preoccupata da ciò che definisce «campagne di inganno e disinformazione» nei social media, sponsorizza alcuni gruppi di ricercatori per il rilevamento dei social bots che mimano lo stile dei feed di Twitter. Menczer, che partecipa a queste ricerche, spera che si riusciranno a trovare gli strumenti adatti a ripulire la rete. «Se non riusciamo a snidarli, sarà difficile anche eliminarli», conclude Menczer. ■

Tom Simonite  
è redattore capo  
di MIT Technology Review USA.



Filippo Menczer.  
Immagine: Indiana University.

# Publicità in 3D

Le tecnologie di realtà virtuale e aumentata stanno diventando la nuova piattaforma per la comunicazione pubblicitaria.

Rachel Metz

**S**ono seduta su una poltrona di un ufficio di Mountain View, in California, ma con un visore e dei microfoni per la realtà virtuale mi sembra di stare nella pancia di un dirigibile, sorvolando una città silenziosa costellata di cartelloni pubblicitari.

La traversata in dirigibile è parte integrante di un demo di MediaSpike, una start-up che si occupa di pubblicità con tecnologie di realtà virtuale. Anche il dirigibile è un avviso pubblicitario. Prima di salire a bordo, ho visto che la fiancata esterna è ricoperta dalla pubblicità del famoso film d'animazione.

A oggi, le tecnologie di realtà virtuale e aumentata non sono diffuse, ma con i recenti sviluppi dei visori si aprono nuove prospettive in campo pubblicitario. Aziende come Oculus VR, di proprietà di Facebook, Sony, Microsoft e Magic Leap stanno lavorando all'hardware commerciale, che dovrebbe diventare disponibile sui mercati entro la fine dell'anno. Oculus VR e Samsung hanno già presentato il caschetto Gear VR, in vendita a 199 dollari, che permette di fare esperienze "immersive" nei videogiochi e nei video in 3D inserendo uno smartphone Samsung nell'apparecchio.

MediaSpike è una delle aziende che aspirano a offrire la propria tecnologia a chi vuole fare pubblicità su queste nuove piattaforme. Il fondatore e CEO Blake Commagere dice che l'azienda ha iniziato il suo percorso qualche anno fa proponendo di inserire contenuti pubblicitari nei giochi per smartphone e tablet. Oggi, MediaSpike sta ragionando su come inserire avvisi e video pubblicitari nei mondi virtuali generati da apparecchi come Gear VR o da altri congegni dello stesso tipo in via di produzione.

L'esperienza con il caschetto è ancora abbastanza limitata. Prima di salire sul dirigibile, mi spostavo in automobile all'interno della città digitale di MediaSpike, in cui non si vedono altro che filmati pubblicitari, il dirigibile e un gigantesco display in una piazza deserta, che

mostra il trailer di Minions. Ho provato anche una costante sensazione di nausea (una lamentela diffusa da parte di chi utilizza le tecnologie 3D stereoscopiche, a causa della disconnessione tra componenti fisiche e visive). Ma, al di là di queste carenze, l'aspetto più significativo rimane l'impiego degli avvisi pubblicitari su siti Web e applicazioni mobili.

L'enorme valore del mercato della pubblicità on-line obbliga a muoversi su questa strada. Secondo Magna Global, un'azienda che si occupa di investimenti e ricerche nel settore dei media, nel 2014 i profitti nel settore dei media digitali sono saliti a 142 miliardi di dollari, con un incremento del 17 per cento. Quest'anno si prevede un ulteriore progresso del 15 per cento, per arrivare alla cifra complessiva di 163 miliardi di dollari.

Un'azienda che ha già avuto successo nel mettere insieme la pubblicità virtuale con il mondo reale è Blippar. Se si scarica una sua applicazione, si possono visionare contenuti pubblicitari di realtà aumentata, come una partita virtuale di football su una lattina di Pepsi.

Le sfide di fronte alle aziende che vogliono sfruttare la realtà virtuale e aumentata nella pubblicità sono innumerevoli. Oltre alle scontate difficoltà legate all'utilizzo delle nuove tecnologie, Hart e colleghi devono farsi un'idea precisa del tipo di avvisi pubblicitari che riceveranno un feedback positivo.

Commagere invita a porre molta attenzione al "collocamento" dei prodotti virtuali (un esempio di come si possa esagerare, si è presentato durante la mia traversata in dirigibile, quando ho dovuto fare un lungo giro intorno a una lattina di Pepsi "pixelata", collocata accanto a un pannello di controllo), cercando di essere meno invadenti dei tradizionali avvisi pubblicitari e delle altre pubblicità su Web. ■

Rachel Metz è redattrice per il Web e i social media di MIT Technology Review USA.



Immagine: Bendik Kaltborn.

## Intelligente, ma come?

Alcuni esperti di informatica stanno cercando strumenti più avanzati per misurare l'intelligenza artificiale.

Simon Parkin

**D**isponiamo oggi di automobili che si guidano da sole, computer intelligenti, software in grado di abbinare nomi e volti. Ma si tratta di vera intelligenza? Gli esperti di intelligenza artificiale si pongono questa domanda da decenni.

«Stabilire se una entità artificiale è “intelligente” non è assolutamente semplice», afferma Mark Riedl, professore associato della Georgia Tech. «Un'automobile che si guida da sola potrà ottenere prestazioni superiori agli automobilisti umani. Allo stesso modo, si può sostenere che, nell'affrontare una particolare attività, una IA è super-intelligente. Ma potremmo anche dire che stiamo parlando di un perfetto idiota, perché non è in grado di fare niente altro, per esempio recitare un poema o risolvere un problema di algebra».

Il tentativo più famoso di misurare l'intelligenza artificiale non risolve il problema, anzi lo avvolge ancora più nell'oscurità. Nel suo articolo del 1950 *Computing Machinery and Intelligence*, apparso sulla rivista “Mind”, il grande scienziato informatico Alan Turing misurò le capacità dei computer e definì la sua macchina intelligente come una scatola nera. La sua riflessione di partenza era la seguente: se definiamo gli esseri umani una specie intelligente, allora qualunque cosa manifesti un comportamento non distinguibile da quello umano, deve essere a sua volta intelligente.

Turing propose anche un test, il cosiddetto *Imitation Game*, in cui un computer doveva dimostrare la sua intelligenza convincendo una persona, attraverso una conversazione, di essere un umano. Da allora, il test di Turing è stato largamente adottato e anche aspramente criticato, non a causa di falle nell'idea originale dello scienziato, ma per il modo di portarlo avanti.

Un *chatbot* (programma che simula conversazioni intelligenti) denominato Eugene Goostman è salito alla ribalta delle cronache superando lo scorso giugno il test

di Turing durante un incontro organizzato all'University of Reading, in Inghilterra. Il software ha convinto il 30 per cento dei giudici umani di avere discusso con una persona in carne e ossa. Ma il *chatbot* si affida più ai sotterfugi e alle ambiguità che al naturale sviluppo di una conversazione intelligente.

«La descrizione originale di Turing prevedeva una conversazione a ruota libera, che potesse spaziare su qualsiasi argomento, senza concedere alcuno spazio a insensatezze», sostiene Leora Morgenstern, una esperta di IA, che lavora a Leidos, azienda con sede in Virginia, che collabora con il Dipartimento della Difesa statunitense. I primi esperti di IA hanno proposto modelli di intelligenza generale, ma di fronte alla complessità dell'operazione si sono indirizzati a compiti più definiti e gestibili con maggiore semplicità. In questo modo si sono fatti dei passi in avanti, ma si è trasformata l'intelligenza artificiale in qualcosa di difficilmente comparabile con l'intelligenza umana.

La grande parte dei ricercatori di IA si rivolge ancora ad aree particolarmente specializzate, ma alcuni stanno tornando a

prendere in considerazione l'intelligenza generale e stanno apprestando nuovi modi di misurare i progressi. Secondo Morgenstern, una macchina dimostra intelligenza solo se, una volta riconosciuto un problema, può facilmente apprendere un compito correlato alla sfida intellettuale che sta affrontando. Riedl concorda sul fatto che il test dovrebbe essere aperto a nuove componenti: «La conversazione è solo un aspetto dell'intelligenza umana. La creatività è un altro. Il *problem solving* e la conoscenza sono ancora altri aspetti».

Riedl ha proposto un'alternativa al test di Turing, che ha denominato Lovelace 2.0 (un riferimento a Ada Lovelace, celebre matematica inglese del XIX secolo, che progettò una delle prime macchine per il calcolo). Il test di Riedl dovrebbe incentrarsi sull'intelligenza creativa, con un giudice umano che sfida il computer a creare qualcosa – una storia, una poesia, un disegno – e gradualmente rende il compito più impegnativo.

Anche se non sembra il successore ideale del test di Turing, questo test potrebbe offrire un sistema più avanzato per capire l'intelligenza artificiale. «Chi può dire che stare sopra un certo punteggio sia sinonimo di intelligenza e stare sotto non lo sia?», conclude Riedl. «Non ragioniamo in questi termini quando parliamo degli esseri umani». ■

Simon Parkin è collaboratore di MIT Technology Review USA.



# Calcio o football?

Il software di traduzione in tempo reale di Skype evidenzia dei sorprendenti progressi nel campo dell'apprendimento.

John Pavlus

**T**alvolta, il massimo riconoscimento che una nuova tecnologia innovativa può ricevere è un credibile confronto con Star Trek. L'Oculus Rift è come il ponte olografico; le stampanti 3D sono come i replicatori di materia; Qualcomm sta persino sponsorizzando un X-Prize per la creazione di un tricoder.

Skype Translator, l'app di traduzione in tempo reale disponibile nella versione beta open per gli utenti di Windows 8.1, viene ampiamente paragonato al "traduttore universale" che i capitani Kirk e Picard utilizzano per comunicare agilmente con i loro interlocutori alieni. Pure restando un affascinante strumento tecnologico, però, Skype Translator è meno sofisticato. Skype Translator esegue una traduzione istantanea delle chat di testo in oltre 40 lingue, ma la sua caratteristica principale è la traduzione in tempo reale delle conversazioni vocali fra inglese e spagnolo (Microsoft, che è proprietaria di Skype, non ha precisato quali altre lingue intenda incorporare nel software).

A differenza del traduttore universale di Star Trek, Skype Translator è progettato per emulare un interprete umano che agisce da intermediario fra i due interlocutori primari.

Questo interprete virtuale è personalizzabile: è possibile selezionare una voce maschile o femminile e impostare la tolleranza del filtro di enunciazione. Proprio come un traduttore umano, il sistema "ascolta" una frase, attende una pausa e riferisce le parole in un'altra lingua all'interlocutore dall'altra parte del telefono. La traduzione vocale è udibile da ambo le parti. Durante la mia prova, la sua accuratezza mi ha sorpreso in diverse occasioni.

In teoria, la traduzione di Skype Translator potrebbe essere trasformativa. È come una versione della traduzione in tempo reale di cui usufruiscono i leader mondiali in visita alle Nazioni Unite. In pratica, però, consente di non venire interrotti costantemente, come nel caso di Siri di Apple (o di Cortana di Microsoft).

Persino una simile traduzione, grezza e automatica, è notevole. Le macchine hanno evidenti problemi a riconoscere parole o frasi con precisione e velocità e Skype Translator riesce a ottenere un elevato livello di precisione sfruttando una tecnica conosciuta come apprendimento profondo. Il software che opera all'interno dei server Microsoft è stato addestrato per riconoscere le parole utilizzando metodi di elaborazione delle informazioni che si ispirano al funzionamento logico del cervello.

L'apprendimento profondo permette ai computer di Microsoft di trasformare agilmente un flusso audio in parti di testo che può venire analizzato utilizzando metodi di traduzione convenzionali. Con l'aumentare degli utenti che utilizzano questo software, il sistema dovrebbe diventare sempre più efficace nel riconoscere le idiosincrasie di accento e cadenza e, di conseguenza, diventare sempre più utile.

Il software Microsoft cerca di filtrare le disfluenze (quali "uhm", "ah", e le ripetizioni) fra parole e periodi. Durante la mia prova, alcune disfluenze sono sfuggite al software, ma la traduzione è ugualmente partita con una velocità e una precisione sorprendenti.

I limiti del software di Skype Translator sono alquanto indicativi, in quanto mostrano quanto sia difficile imitare le sottigliezze di una vera conversazione fra esseri umani. La determinazione del significato appropriato per una parola in contesti differenti può risultare vessante. «Se un software dovesse eseguire una traduzione fra l'inglese americano e quello britannico, per riconoscesse la parola *football* dovrebbe comprendere se questa si riferisce al "calcio" europeo o al "football" americano», chiarisce Christopher Manning, professore di scienza linguistica ed informatica del Natural Language Processing Group all'Università di Stanford.

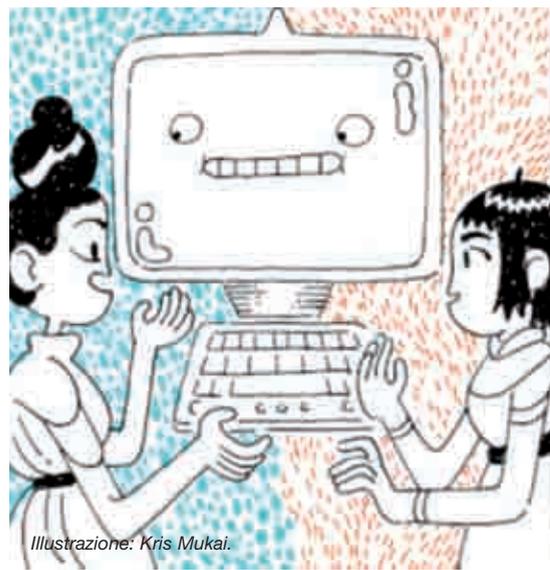
Skype Translator non è nemmeno in grado di riconoscere i ritmi di una conversazione normale, per cui non si può sapere quando la sua voce robotica interromperà

un dialogo per offrire la sua traduzione. Talvolta, questo stesso problema si presenta anche per le persone. «Anche con i traduttori umani occorre imparare quando dare tempo all'interprete per assorbire quanto avete detto e ripeterlo», spiega Vikram Dendi, direttore di Microsoft Research. Con un po' di pratica si potrebbe apprendere il "ritmo" di Skype Translator e rendere più fluida l'esperienza audio.

Skype Translator offre comunque una soluzione elegante a questo problema generando in tempo reale il testo tradotto della conversazione. L'interfaccia è meno futuristica rispetto alla traduzione parlata, ma pare più naturale e presenta errori più facili da correggere, visto che entrambe le persone possono digitare nella finestra di dialogo in cui compaiono le traduzioni.

Altri sforzi per il miglioramento dell'apprendimento profondo potrebbero aiutare. Alcuni ricercatori di Google e dell'Università di Montreal stanno applicando metodi simili alla traduzione del linguaggio (piuttosto che al semplice riconoscimento delle parole) con un "successo sorprendente", secondo Manning. Ulteriori progressi potrebbero rendere virtualmente perfetta la traduzione automatica in tempo reale, ma «è ancora tutto da vedere», conclude Manning. «Credo non sia ancora chiaro quali siano i limiti dell'apprendimento profondo nella risoluzione di problemi cognitivi di alto livello». ■

John Pavlus è collaboratore di MIT Technology Review USA.



# STRUMENTI PER PENSARE

I linguaggi di programmazione formano il modo di pensare di chi li utilizza. Per questa ragione le start-up tecnologiche sono in grado di rimettersi sempre in discussione cambiando il modo di elaborare nuovi codici.

**James Somers**

**N**el suo quartier generale di Palo Alto, nel cuore della Silicon Valley, la Hewlett-Packard custodisce una sorta di santuario. A una estremità dell'edificio occupato dai laboratori di ricerca, si trovano due stanze comunicanti, arredate in puro stile anni Cinquanta, vuote da anni, ma amorevolmente conservate. Da questi due uffici, William Hewlett e David Packard guidarono gli ingegneri della HP nello sviluppo di prodotti rivoluzionari come la calcolatrice programmabile lanciata nel 1968: grande quanto una macchina per scrivere, venti chili di peso.

Quando Yukihiko Matsumoto, un informatico giapponese, decise di creare Ruby, un linguaggio di programmazione che ha contribuito alla nascita di Twitter, Hulu e buona parte del Web attuale, stava inseguendo un'idea ripresa da *Babel-17*, un racconto di fantascienza di Samuel R. Delany. Al cuore del libro si trova un linguaggio inventato che mantiene costantemente aggiornate le menti di chi lo parla. «Babel-17 è un linguaggio minuziosamente analitico, che assicura la padronanza tecnica di qualsiasi situazione ci si trovi ad affrontare», dice il protagonista a un certo punto. Con Ruby, Matsumoto voleva raggiungere lo stesso obiettivo: riprogrammare e migliorare il modo in cui i programmatori pensano.

Potrebbe sembrare un obiettivo presuntuoso, ma Matsumoto pensa in grande. Gli sviluppatori di software sono in genere convinti che i linguaggi di programmazione esercitano un'influenza sulla mente forte abbastanza da cambiare il modo di affrontare i problemi, e anche il tipo di problemi che si ritiene di poter risolvere. «Che linguaggio usi?», è la loro domanda rivelatrice.

Questa mentalità può aiutare i non addetti ai lavori a comprendere come le aziende di software abbiano avuto successo e i loro prodotti costituiscano parte integrante delle nostre vite. Una decisione che sembra riservata solo a un piccolo gruppo di specialisti – se costruire qualcosa con Ruby o PHP o C – può rapidamente coinvolgere tutti noi. Se si vuole capire perché Facebook funziona in una determinata maniera e che tipo di servizi può offrire ora e ci riserverà per il futuro, è d'obbligo sapere qualcosa di PHP, il linguaggio di programmazione adottato da Mark Zuckerberg.

Tra i programmatori, PHP è forse il meno “rispettato” dei linguaggi di programmazione. Un blog canonico sui suoi difetti lo ha definito «un frattale di cattivo design» e chi lo utilizza viene visto alla stregua di un dilettante. «C'è questo mito della tecnologia brillante di Facebook», dice Jeff Atwood, co-creatore di Stack Overflow, un popolare sito che risponde a domande sulla programmazione. «Ma loro stavano scrivendo il codice PHP in Windows XP. Si trattava di hacker nel senso quasi più letterale del termine». Nello spazio di 10 minuti, Atwood ha definito PHP un “mostro caracollante”, una “pandemia” e una casa infestata i cui residenti flirtano con i fantasmi.

La maggiore parte dei linguaggi di programmazione ha una filosofia generale o un set di principi guida che organizzano il vocabolario e la grammatica – le variabili delle istruzioni disponibili per il programmatore – in un insieme logico. Il PHP non segue questa regola. Il suo creatore, Rasmus Lerdorf, ammette candidamente di averlo messo insieme alla meglio. «Non



*Immagine: Jon Han.*

riuscivo a fermarmi. Non avevo assolutamente idea di come scrivere un linguaggio di programmazione. Mi sono limitato a seguire i diversi passaggi logici», ha dichiarato in un'intervista del 2003.

L'esempio più citato dai programmatori è una funzione di PHP chiamata "mysql\_escape\_string", che elimina una domanda "maliziosa" prima di spedirla a un database (un esempio di input "malizioso" è un modulo di un sito Web che richiede l'indirizzo e-mail dell'utente; un hacker può introdurre del codice in questo slot per indurre il sito a rilevare le password). Quando il bug è stato scoperto in questa funzione, si è pensato di aggiungere una nuova versione, chiamata "mysql\_real\_escape\_string", senza però sostituire l'originale. Il risultato è stato come avere qualcosa di simile a due diversi bottoni di comando nella cabina di pilotaggio di un aereo: uno che fa scendere il carrello di atterraggio e l'altro che lo fa scendere in sicurezza. Non si tratta solo di una sfida al buon senso, ma della strada maestra verso il disastro.

Malgrado le critiche generalizzate al PHP, buona parte del Web si affida a questo linguaggio. Secondo alcune stime, il PHP domina il 39 per cento dei domini, tra cui Facebook, Wikipedia e la principale piattaforma pubblicitaria WordPress.

Questa "contraddizione" si spiega con il fatto che PHP è perfetto per la fase iniziale. Infatti l'acronimo PHP sta per *personal home page*. Il linguaggio rende semplice l'aggiunta di contenuto dinamico come gli aggiornamenti o il nome dell'utente alla pagine statiche dell'HTML.

PHP permette di passare dalle modifiche su un sito Web alla scrittura di un'applicazione Web con grande semplicità, senza conoscenze di tipo professionale.

La facilità d'impiego di PHP è stata cruciale per il successo di Wikipedia, afferma Ori Livneh, esperto di software della Wikimedia Foundation, che coordina il progetto. «Ma io ho sempre detestato il PHP», ha aggiunto. Il progetto non riesce a svilupparsi su larga scala a causa dei limiti di questo linguaggio: c'è da aggiungere che la Fondazione non ha reso le pagine disponibili in una versione per apparecchi mobili fino al 2008 e che il sito non ha adottato un'interfaccia di editing *user-friendly* fino al 2013. Comunque, PHP ha reso possibile a chi non era esperto di software di aggiungere nuove caratteristiche al prodotto. Per questa ragione le voci di Wikipedia mostrano, per esempio, i geroglifici nelle pagine dedicate all'egittologia o agli spartiti musicali.

Di certo non si poteva scrivere Google in PHP, perché Google, per essere tale, deve fare una cosa molto bene: condurre una ricerca in modo rapido e tecnicamente perfetto. E in effetti è stato scritto con linguaggi più accurati e potenti, come Java e C++. Facebook, al contrario, è un bazar di piccoli esperimenti, una varietà di bottoni, feed di dati ed elementi grafici che cercano di catturare l'attenzione degli utenti. PHP è un linguaggio per "fare", per inventare rapidamente un prodotto.

Si può anche immaginare Zuckerberg, nel dormitorio di Harvard, che appronta freneticamente le ultime modifiche a Facebook prima di inviarlo on-line.

Il Web si muove così rapidamente e gli utenti sono talmente incostanti, che l'unica possibilità di conquistare la loro atten-

zione è arrivare per primi. Non aveva importanza se si trattava di una grande palla di fango o di un piatto di spaghetti o di un orribile *hose cabinet* (per prendere in prestito dal ricco lessico dei programmatori un'espressione che descrive il codice pasticciato). Zuckerberg ha utilizzato ciò che aveva perché gli altri potessero usarlo.

Non si è messo a pensare alla bellezza del codice, ma ai suoi amici che si sarebbero collegati a Thefacebook per guardare le immagini delle ragazze che conoscevano.

Oggi Facebook vale oltre 200 miliardi di dollari e sulle pareti degli uffici aziendali si possono leggere frasi del tipo: «Fatto è meglio che perfetto» o «Agisci in fretta e innova». Questi messaggi hanno lo scopo di mantenere alta la motivazione dei dipendenti, in linea con la visione "hacker" aziendale. Ma questi sono esattamente i valori alla base del linguaggio PHP. Agisci in fretta e innova è l'essenza del PHP e chiunque adotti questo linguaggio condivide una simile filosofia. Si potrebbe dire che il linguaggio ha creato e sostiene la cultura di Facebook.

## L'arma segreta

Se si vuole cercare l'esatto opposto di PHP, un tipo di esperimento mentale per mostrare l'altro estremo, non c'è di meglio che andare a Lower Manhattan, nel quartier generale di Jane Street Capital, un'azienda di trading finanziario i cui 400 dipendenti sono responsabili di circa il 2 per cento del volume giornaliero di scambio azionario negli Stati Uniti.

Quando ho incontrato Yaron Minsky, responsabile della tecnologia di Jane Street, sedeva alla sua scrivania con davanti una macchina Enigma ancora funzionante, una delle poche macchine rimaste per cifrare messaggi risalenti alla Seconda Guerra Mondiale. Mentre stavo pensando che in una "gara" di armi segrete imprevedibili in una stanza avrebbe sicuramente vinto, Minsky ha iniziato a parlare di un oscuro linguaggio di programmazione chiamato OCaml.

Con un PhD in informatica, Minsky ha convinto i suoi dipendenti a riscrivere l'intero sistema di trading aziendale in OCaml. Prima di allora, quasi nessuno aveva utilizzato quel linguaggio di programmazione per uno scopo simile. OCaml è stato ideato in un istituto di ricerca francese da accademici che volevano migliorare un sistema computerizzato per dimostrare automaticamente i teoremi matematici. Ma Minsky riteneva che OCaml potesse rimpiazzare il complesso sistema di fogli elettronici di Excel, che era alla base della piattaforma di trading di Jane Street.

Il maggiore punto di forza di OCaml è il suo *type system*, qualcosa di simile al correttore grammaticale di Microsoft Word, a eccezione del fatto che, invece di mostrare una linea ondulata verde per segnalare l'errore, questo sistema semplicemente non permette di eseguire il codice. I programmi scritti con il *type system* sono in genere molto più affidabili di quelli che ne fanno a meno.

Questa caratteristica è di grande utilità quando si parla di un programma che permette di scambiare fino a 30 miliardi di dollari al giorno su una piattaforma commerciale. Minsky sostiene che il *type system* di OCaml, impedendo gli errori, per-

## Il linguaggio di programmazione PHP ha creato Facebook e rappresenta l'emblema della cultura aziendale ispirata al continuo cambiamento.

mette a chi scrive il codice di concentrarsi sui problemi più importanti. Il sistema è diventato una specie di Newspeak, la neo-lingua descritta da Orwell, che rende impossibile il pensiero “deviato”. La difficoltà sorge dal fatto che, per sfruttare i vantaggi del *type checker*, i programmatori devono aggiungere complesse annotazioni al loro codice.

È come se il sistema di controllo ortografico e grammaticale di Word richiedesse di rappresentare con un diagramma tutte le frasi. Scrivere del codice con i limiti del *type system* può diventare un'operazione molto noiosa e persino demoralizzante. A peggiorare la situazione, OCaml, più di molti altri linguaggi di programmazione, si affida a un tipo di matematica complessa per chi scrive codice. Il rigore del linguaggio fornisce a Jane Street un particolare vantaggio nel ristretto mercato dei programmatori.

Gli sviluppatori di software si spostano in massa verso Facebook e Wikipedia, malgrado il PHP. Minsky, nel suo libro *Real World OCaml*, dice che OCaml aiuta a reclutare un gruppo di candidati di alto livello. La forza di attrazione non è legata solo al linguaggio, ma al tipo di persone che lo adottano. Jane Street è un'azienda in cui si possono vedere più persone che giocano a scacchi negli intervalli dal lavoro. La cultura dell'intelligenza competitiva e l'impiego di un linguaggio di programmazione elegante sembrano andare di pari passo.

Google sta portando avanti un'operazione simile con Go, un linguaggio di programmazione *open source* sviluppato da Google. Ideato per rendere il lavoro sul Web più efficiente, veloce e semplice, è perfetto per produrre il tipo di software di alto livello necessario al funzionamento della catena di server che assicura i servizi Web. Il linguaggio costituisce anche un richiamo per chi vuole scrivere codice nuovo ed elaborato.

### Problemi di crescita

Alla fine del 2010, Facebook si è trovata a fronteggiare una crisi di crescita. PHP non si prestava a determinate prestazioni, ma gli venne chiesto di fornirle. Il sito stava crescendo così rapidamente che, se non fosse cambiato qualcosa drasticamente, il giocattolo si sarebbe rotto. Passare a un altro linguaggio non era un'opzione praticabile. Facebook aveva milioni di linee di codice PHP, migliaia di ingegneri esperti nella sua scrittura e oltre mezzo miliardo di utenti. Allora, un piccolo gruppo di ingegneri venne assegnato a un progetto speciale per trovare il modo di mantenere in vita Facebook senza abbandonare il suo linguaggio madre.

Una parte della soluzione fu quella di creare un pezzo di software – il compilatore – che traducesse il PHP di Facebook

in un codice C++ molto più rapido. Il resto è stata un'impresa di ingegneria linguistica, che ha permesso ai programmatori di Facebook di rimanere nell'ambito del PHP, ma di scrivere codice più affidabile.

La “squadra di salvataggio” ha creato Hack, una versione di PHP con un *type system* opzionale. Vale a dire che si può scrivere col classico PHP, ma se si vuole, si possono aggiungere delle annotazioni ad albero che permettono al *type system* di valutare la correttezza del codice. Non è affatto una coincidenza che questo controllo del valore delle variabili sia scritto interamente in OCaml. Facebook voleva che chi scriveva il codice, si muovesse agilmente nel linguaggio conosciuto senza perdere il lavoro già fatto. Lo scorso anno Zuckerberg ha annunciato un nuovo slogan rivolto agli sviluppatori di software: “Agisci in fretta con le infrastrutture stabili”, utilizzando l'espressione “infra” diffusa tra gli hacker.

Nello stesso periodo, Twitter ha avviato un cambiamento simile. Il servizio all'inizio si affidava a Ruby on Rails, un popolare framework per applicazioni Web creato sulla base del linguaggio Ruby di Matsumoto e ispirato in buona parte da PHP. Presto fece capolino la delusione degli utenti.

Quando qualcuno con centinaia di migliaia di follower twitava, centinaia di migliaia di timeline di altri utenti dovevano subito venire aggiornate. Il sovraccarico di tweet appesantiva il sistema al punto da costringere chi lo gestiva a bloccare il sito per rimettersi alla pari con il flusso di messaggi. Le interruzioni erano talmente frequenti che il simbolo della balena bianca del sito divenne la “balena dell'errore”.

Twitter rimediò al problema con un linguaggio chiamato Scala. Non dovrebbe sorprendere che Scala, come OCaml, sia stato sviluppato da accademici, abbia un efficace *type system* e alte prestazioni, anche a scapito della libertà di azione dei singoli programmatori. Quando un'azienda si avvia sulla strada della maturità, è in grado di utilizzare il potere del linguaggio di programmazione per intervenire sulla struttura organizzativa a più livelli.

Guido van Rossum, un creatore di linguaggi di programmazione, il quale ha trascorso diversi anni a Google e oggi lavora a Dropbox, sostiene che, quando un'azienda ha raggiunto una certa dimensione, la sola via per prevenire il caos è fare affidamento su un linguaggio grazie a cui il programmatore possa anticipare i tempi. «Può sembrare che ti rallenti, ma vai sul sicuro», dice van Rossum.

Per questa ragione le aziende aspettano fino all'ultimo momento prima di fare dei cambiamenti. Magari si perde qualche elemento particolarmente creativo del gruppo, ma un linguaggio più stabile garantisce un percorso senza scosse.

Questo modo di agire aiuta a capire perché alcune aziende abbiano una posizione di predominio. Contano, infatti, non solo le potenzialità tecnologiche delle aziende, ma la loro capacità di rimettersi in gioco. Nel loro processo di crescita, devono fare qualcosa di più che ridisegnare il loro organigramma. Cambiare radicalmente il loro modo di pensare. ■

*James Somers è scrittore e programmatore. Vive a New York e lavora a Genius.com.*

## Creatività va cercando

**S**empre più spesso, di fronte alla straordinaria proliferazione delle tecnologie computeristiche (in senso lato: non solo delle macchine, ma anche e soprattutto dei programmi) ci succede di chiederci a cosa servano ancora quelle capacità, tipicamente umane, che definiamo come intuizione percettiva e comprensione associativa.

L'interrogativo si pone in maniera particolarmente incisiva quando il campo di analisi consiste nelle cosiddette opere d'ingegno, che abbiamo sempre ritenuto un ambito esclusivo della creatività. Ma sempre più spesso dobbiamo constatare come il nostro concetto di creatività sia relativo più al non sapere che al sapere: proprio come avviene nei processi conoscitivi, nel cui ambito tradizionalmente chiamiamo mistero il sapere di non sapere. Anche la creatività, infatti, resta condizionata da appartenenze, esperienze, riferimenti diretti e indiretti, che nella storia dell'arte si traducono in veri e propri percorsi conoscitivi: dalle matrici di scuola ai viaggi di formazione e via dicendo.

La critica d'arte si è sempre basata sulla "creativa" ricognizione di questi percorsi, che concernono le problematiche autorali, ambientali, culturali, come giustamente segnala un critico d'arte autorevole quale Claudio Strinati che, in una recente raccolta di saggi (*Il mestiere dell'artista*, Sellerio 2014) individua appunto nel "riconoscimento" il momento "più esaltante e interessante", precisando che per "riconoscimento" s'intende non soltanto la "individuazione dell'autore di una determinata opera", ma soprattutto quell'insieme di "idee, intenzioni, scopi specifici e lavori" in cui consiste un'opera d'arte.

Poiché questo riconoscimento si basa sulle informazioni sempre parziali inerenti al mestiere dell'artista, la possibilità di avere a disposizione tutte le informazioni realmente disponibili, come avviene in un database, comporta un indubbio vantaggio competitivo da parte degli attuali strumenti di elaborazione computeristica. Lo dimostra con dovizia di esempi la ricerca illustrata in queste pagine.

E allora, dovremmo concluderne che dobbiamo lasciare alle macchine anche il compito di individuare in cosa consista la creatività artistica? Almeno in parte, per quanto riguarda la escussione di tutti i dati disponibili. Ma resta, forse, un ulteriore fattore di creatività: quello che si riassume nel concetto di "gusto": non tanto il gusto della creazione, quanto il gusto della fruizione: di quanti, assistendo allo spettacolo dell'arte, ne decretano il successo, influenzandone così la capacità di influenzare altre opere. ■ (g.p.j.)



## La trama dell'arte

La tecnica di apprendimento automatico che ha permesso di raggiungere importanti risultati nel riconoscimento di immagini e voci, sta trovando nuove applicazioni nel campo artistico.

### Emerging Technology from the arXiv

**L**a creatività è una delle qualità che caratterizza l'umanità. Numerosi pensatori hanno cercato di definirla e hanno trovato un accordo su due componenti di fondo: l'originalità e l'influenza.

La storia dell'arte fornisce una lunga carrellata di esempi di dipinti che hanno esercitato una considerevole influenza sulle opere successive: *La Madonna con Bambino e melagrana* di Leonardo da Vinci (1469), *Il Cristo crocifisso* di Francisco Goya (1780) o *i Covoni a Chilly all'alba* di Monet (1865) e l'elenco potrebbe proseguire.

Questi dipinti hanno indicato la strada da seguire e le opere che sono venute successivamente sono a loro debentrici in termini di originalità.

Riconoscere i dipinti più creativi non è mai stata un'impresa facile per gli storici dell'arte, perché richiede delle conoscenze di tipo enciclopedico.

L'esperto d'arte deve individuare le caratteristiche originali e saperle ritrovare nelle opere successive.

Si tratta di compiti di grande complessità per le capacità dell'uomo e fino a poco tempo fa si riteneva che sarebbe stato del tutto impossibile anche per un computer riuscire in un'operazione simile.

Ma oggi, Ahmed Elgammal e Babak Saleh della Rutgers University, nel New Jersey, sostengono di avere messo a punto una tecnica di analisi automatica che può farlo.

I due studiosi hanno esaminato al computer un database di 62mila dipinti di indubbio valore per determinare quali di questi fossero i più creativi della storia. I risultati offrono un nuovo modo di interpretare la genesi dell'arte e il ruolo esercitato dalla creatività.

Diversi progressi hanno reso possibile questo risultato.

Innanzitutto i cambiamenti di fondo che sono intervenuti negli ultimi anni nelle tecniche di visione artificiale e la capacità di classificare immagini a seconda dei concetti visivi proposti, i cosiddetti *classemi*.

Stiamo parlando sia di quelle caratteristiche "minori" come il colore, la trama o oggetti semplici quali una casa, una chiesa o un covone, sia di quelle di più alto livello, per esempio una persona che passeggia o un corpo immobile.

L'algoritmo di visione artificiale può oggi analizzare un dipinto e produrre una lunga lista di *classemi* per descriverlo (se ne contano attualmente fino a 2.559). Questa lista funziona come un vettore che definisce un'opera e si può sfruttare per confrontarla con altre esaminate con lo stesso metodo.

Un secondo progresso che ha reso possibile questa "impresa" è la presenza on-line di immensi database di opere d'arte. È un passo avanti decisivo perché gli algoritmi di visione artificiale hanno necessità di grandissime quantità di dati per fare confronti.

Elgammal e Saleh si avvalgono di due enormi database, uno dei quali, del sito Web di Wikiart, contiene immagini e commenti su 62mila opere d'arte.

L'obiettivo finale del loro lavoro è di ordine teorico, vale a dire stabilire quali dipinti sono più originali e quali sono le caratteristiche che hanno esercitato la maggiore influenza sulle opere successive. Il loro approccio si ricollega a un settore di studio molto promettente: la *network science*.

L'idea è quella di considerare la storia dell'arte come una rete in cui ogni dipinto è collegato ad altre opere nel passato e nel futuro.

La difficoltà maggiore è stabilire quando alcuni *classemi* compaiono per la prima volta e capire come vengano riproposti nelle opere successive.

«Abbiamo mostrato che il problema si può risolvere, ricorrendo a un calcolo delle varianti degli indici di centralità in una rete», sostengono Elgammal e Saleh. In altre parole, il problema della ricerca dei dipinti più creativi è simile a quello della ricerca delle persone più influenti in una rete sociale o a quello della stazione più importante in un sistema metropolitano o della diffusione di un virus in una epidemia. Si tratta di un problema standard nella teoria delle reti e ora i due studiosi lo estendono al concetto di creatività.

I risultati delle loro analisi sono indubbiamente originali e pregni di sviluppi futuri. In figura, sull'asse delle ascisse si possono vedere le opere d'arte e sull'asse delle ordinate i valori di creatività.

Alcune opere famose si sono dimostrate particolarmente innovative: il *Cristo crocifisso* di Goya, i *Covoni a Chailly* all'alba di Monet e *L'urlo* di Munch. Altre opere, come la scultura *Danaide* di Rodin (1889) e *Il ritratto della madre anziana* di Dürer (1514), un ritratto a carboncino, non brillano invece per creatività. Molti storici dell'arte concorderebbero. «Nella maggior parte dei casi

i risultati degli algoritmi coincidono con quanto gli esperti avevano già suggerito», sostengono Algamal e Saleh.

Un fattore importante è che l'intero meccanismo di analisi è automatico e basato esclusivamente sulla rete di collegamenti, senza che la ricerca sia in qualsiasi modo condizionata fino dall'inizio.

Ovviamente, gli storici dell'arte potranno mettere in discussione la validità della definizione di creatività e i risultati ottenuti.

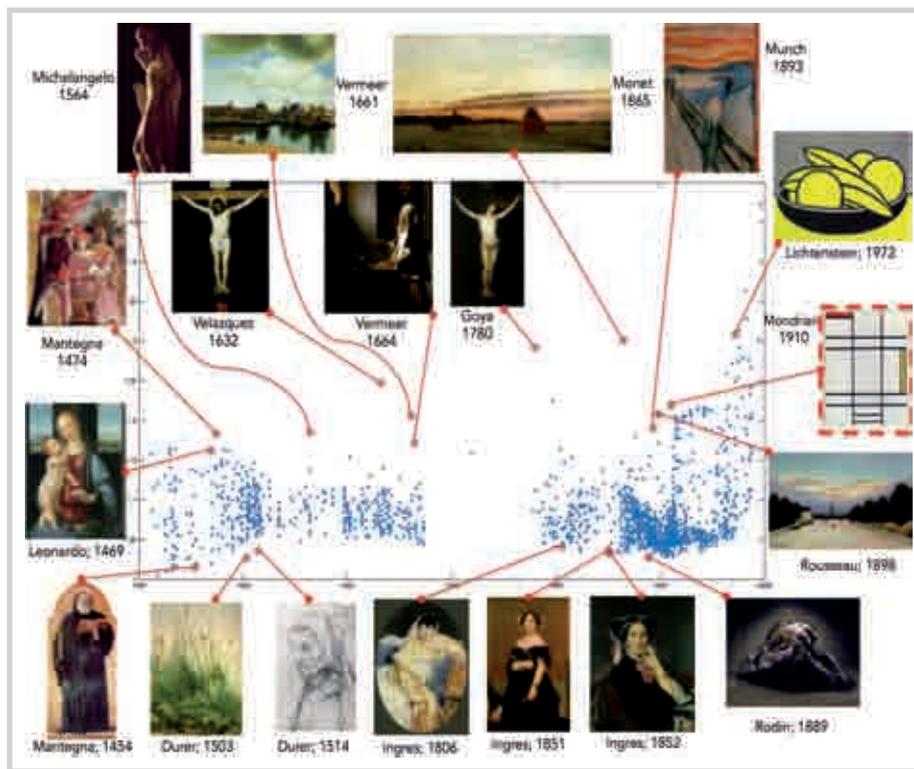
Ma questo tipo di critiche non invalidano le tecniche di Elgammal e Saleh perché con piccoli cambiamenti al loro algoritmo si possono esplorare automaticamente altre definizioni di creatività.

Questo tipo di *data mining* potrà avere un impatto profondo su come gli esperti valutano le opere d'arte.

La possibilità di rivisitare l'intera storia dell'arte apre la strada a nuove interpretazioni.

Questo modo di procedere si può estendere anche ad altri settori.

Elgammal e Saleh ritengono che si possa utilizzare per esplorare il concetto di creatività in letteratura, scultura e persino nelle scienze. ■



## La rete a portata di tutti

I paesi poveri del mondo potrebbero presto beneficiare di un servizio che sta ricoprendo la superficie della Terra con un segnale che fornisce accesso gratuito a Wikipedia.

**Tom Simonite**

**C**osa si ottiene a combinare un'antenna satellitare con Internet? Secondo la startup Outernet, si ottiene un sistema che può permettere a miliardi di persone di beneficiare delle informazioni on-line. Affittando i satelliti per le comunicazioni, Outernet sta ricoprendo quasi metà della superficie terrestre con un segnale che trasmette dati fra cui una grande parte dei contenuti di Wikipedia, software open-source, risorse sanitarie fornite dai Centri per il controllo e la prevenzione delle malattie, oltre ai notiziari internazionali. Economici dispositivi basati sui normali ricevitori satellitari per televisori raccolgono i dati che vengono gradualmente ritrasmessi creando una rete Wi-Fi locale attraverso cui computer, telefoni o tablet nelle vicinanze possono scaricare i contenuti.

Outernet sta allestendo i primi 100 prototipi di questi dispositivi, il cui nome in codice è "Pillars", e comincia a testarli sul campo. Uno di questi dispositivi si trova in un villaggio in Kenya. Un altro si trova nella Repubblica Dominicana e un terzo verrà presto installato presso una comunità anarchica di Detroit che aspira a vivere staccata dalla rete. Attualmente il segnale di Outernet trasmette all'incirca 200 megabyte di dati nel corso di una giornata, permettendo di aggiornare periodicamente contenuti quali le notizie o le previsioni meteo. Il servizio copre il Nord e Centro America, la totalità dell'Africa subsahariana e dell'Europa, parti dell'Asia e del Medio Oriente.

Syed Karim, fondatore e CEO di Outernet, spiega che la sua azienda mira a migliorare la qualità di vita e le prospettive economiche delle persone più povere del pianeta: «Quali sono gli elementi che servono a chiunque per crescere nelle proprie capacità vitali? L'energia è probabilmente la prima cosa, seguita dall'informazione, sia essa destinata all'educazione o alle comunicazioni».

Secondo una stima delle Nazioni Unite, 4,3 miliardi di persone non utilizzerebbero

Internet, principalmente per via dei costi proibitivi e per l'assenza di infrastrutture nella loro regione. La trasmissione gratuita di Outernet potrebbe dare a molte di quelle persone un sistema per accedere a utili informazioni on-line in tempi relativamente brevi. La Banca Mondiale ha acconsentito a contribuire alla distribuzione dei dispositivi Pillar nel Sudan del Sud come sistema di diffusione di materiali educativi nelle scuole. Insegnanti e studenti dovranno comunque disporre di dispositivi o stampanti attraverso cui sfruttare queste informazioni.

Il design e il software dei dispositivi Outernet sono disponibili gratuitamente per permettere a chiunque di realizzarne la propria versione. Al momento, il costo di produzione si aggira intorno ai 150 dollari. Una volta aumentato il regime di produzione, però, secondo Karim il costo dovrebbe scendere al di sotto dei 100 dollari.

Outernet sta anche lavorando a un ricevitore portatile a energia solare denominato Lantern. Questo dispositivo può venire connesso a una parabola per ricevere il segnale esistente di Outernet e dispone di un'antenna interna progettata per rilevare un secondo segnale che la società intende cominciare

a trasmettere a partire da questa estate. La società ha già ricevuto ordinazioni per oltre 5mila dispositivi Lantern. Dispone inoltre di un finanziamento dell'Agenzia Spaziale Britannica per realizzare tre piccoli satelliti destinati alla trasmissione del segnale Lantern. I primi satelliti e i ricevitori Lantern dovrebbero entrare in funzione entro la fine dell'anno. Outernet, finora finanziata principalmente attraverso una campagna di crowdsourcing che ha raccolto 600mila dollari, è un pesce piccolo a confronto con altre aziende impegnate nella realizzazione di nuove tecnologie volte all'ampliamento dell'accesso a Internet.

Google e Facebook stanno entrambe colaudando droni da inviare ad altitudini elevate per lo stesso scopo, mentre SpaceX e altre aziende stanno pianificando di lanciare flotte di satelliti a bassa orbita per fornire l'accesso a Internet.

In merito a questi vari progetti, Karim sostiene che siano pensati per venire integrati alle esistenti reti di telecomunicazioni e che non offriranno un accesso gratuito alle informazioni. Outernet sta già trasmettendo il proprio segnale e dovrebbe essere in grado di aiutare più rapidamente un grande numero di persone. In effetti, il progetto Internet.org di Facebook permette di utilizzare liberamente una parte della rete, Wikipedia e notiziari on-line inclusi, ma può solamente raggiungere quei luoghi che già dispongono di una copertura mobile. ■

*Tom Simonite è redattore capo di MIT Technology Review USA.*



# Titoli in eccesso

I ricercatori stanno distinguendo il complesso insieme di collegamenti fra la viralità di una storia in rete e le emozioni che, a torto o a ragione, può generare.

## The Physics arXiv Blog

**N**el mondo del marketing e del *clickbait* in Internet, il segreto della viralità è analogo all'elisir di lunga vita o alla formula alchemica per tramutare il piombo in oro.

Esiste come una sorta di Sacro Graal che in tanti ricercano e in pochi trovano.

La domanda fondamentale è questa: qual è la differenza fra le storie che sono diventate virali e le altre?

Un'ipotesi è che la risposta risieda nelle emozioni che queste storie generano nelle persone che le leggono.

Ma quale emozione porta qualcuno a commentare su una storia o a condividerla tramite i social media?

Un approccio convincente a questo quesito ci viene offerto oggi da Marco Guerini di Trento Rise, in Italia, e Jacopo Staiano della università Sorbonne di Parigi. Questi ricercatori hanno studiato i dati raccolti da due siti Web che permettono ai lettori di valutare le nuove storie sulla base delle emozioni che generano. Il loro sistema apre per la prima volta un varco all'affascinante rapporto fra la viralità e le emozioni.

Da tempo gli psicologi hanno categorizzato le emozioni utilizzando una scala tridimensionale conosciuta come il modello di valenza-eccitazione-dominanza.

L'idea è che ciascuna emozione abbia una valenza, sia essa positiva o negativa, un livello di eccitazione, che è elevato per emozioni quali rabbia e basso per emozioni quali tristezza, e una dominanza, ovvero il livello di controllo che una persona ha su questa emozione.

Da una parte si trovano emozioni travolgenti quali la paura, mentre dall'altra si registrano emozioni che le persone possono scegliere di provare, quali l'ispirazione.

Ogni emozione occupa un punto in questo spazio parametrico di valenza-eccitazione-dominanza.

L'idea di Guerini e Staiano è che non siano le emozioni in sé a determinare la viralità, bensì la loro posizione nello spazio parametrico.

È subito emerso che due siti di informazione avevano recentemente cominciato a raccogliere dati per fare luce su questo preciso problema.

Rappler.com è un sito di informazioni sociali che permette agli utenti di classificare il valore emotivo di singole storie utilizzando un "metro di umore". Anche la edizione on-line del Corriere della Sera offre una funzione simile.

Insieme, questi siti dispongono di circa 65mila notizie valutate secondo una gradazione emotiva.

Si tratta di un data-base significativo per esplorare il legame fra emozioni e viralità, che il gruppo di ricerca ha misurato contando il numero di commenti generato da ciascuna storia oltre al numero di voti accumulati attraverso siti di social media quali Facebook e Google Plus. Al termine di questo conteggio, sono stati esaminati i dati in cerca di schemi di emozioni associate al contenuto più virale.

Il risultato di questa ricerca è davvero interessante.

Guerini e Staiano sostengono l'evidenza di un collegamento fra la viralità e particolari configurazioni di valenza, eccitazione e dominanza: «Queste configurazioni indicano chiare connessioni con il fenomeno distinto che sta alla base della comunicazione persuasiva».

Esiste però una curiosa differenza fra le emozioni che portano a commentare piuttosto che a valutare un articolo. Guerini e Staiano spiegano che i "post" tendono a generare più commenti quando sono associati a emozioni di eccitazione, quali felicità o rabbia, ed emozioni di impotenza, quali paura e tristezza.

Al contrario, le valutazioni sullo stato emotivo trasmesso da un articolo



sono più frequenti quando il contenuto è associato a emozioni che i lettori sentono di riuscire a controllare maggiormente, quali l'ispirazione.

La valenza di un'emozione, stranamente, parrebbe non influenzare in modo particolare la viralità.

In altre parole, le persone hanno le stesse probabilità di commentare o votare un "post" a prescindere dall'emozione positiva o negativa che questo può suscitare. Ovviamente, non si tratta della ricetta per un articolo di successo, ma potrebbe fornire qualche spunto per giornalisti, blogger e commercianti on-line.

Chiunque abbia trascorso del tempo a setacciare Internet si sarà imbattuto in titoli concepiti per manipolare le emozioni in maniera brusca.

Questo, però, potrebbe essere solamente l'inizio.

Il lavoro di Guerini e Staiano fornisce alcuni spunti molto più dettagliati sulle guide emozionali fondamentali della viralità e, di conseguenza, potrebbe venire considerato come il primo mattone per una nuova scienza emergente del *clickbait*, ovvero di quel fenomeno online che induce i siti di news a esasperare la titolazione dei propri articoli per attirare i lettori. ■

## Il coltellino svizzero della neuroscienza

Sonde neurali che combinano ottica, elettronica e farmaci potrebbero aiutare a svelare i segreti del cervello.

**Antonio Regalado**

**N**el corso degli ultimi anni sono stati sviluppati diversi nuovi strumenti per l'esplorazione e manipolazione del cervello. Alcuni ricorrono all'elettronica, mentre altri sfruttano luce o sostanze chimiche.

In un laboratorio del MIT, la scienziata dei materiali Polina Anikeeva ha identificato un sistema per produrre qualcosa che potrebbe venire paragonato al coltellino svizzero per la scienza del cervello. Le sonde neurali che produce, emettono luce mentre raccolgono e trasmettono elettricità; inoltre dispongono di minuscoli canali attraverso cui pompare farmaci.

Si tratta di un notevole passo avanti rispetto ai cavi metallici o agli elettrodi in silicio che vengono solitamente utilizzati per studiare i neuroni.

Anikeeva produce le sonde assemblando polimeri e metalli in blocchi di grandi dimensioni, o preforme, per poi allungarli in fibre flessibili ultrasottili.

Poiché possono registrare l'attività dei neuroni, oltre che stimolarli, le fibre multifunzionali offrono nuovi sistemi per studiare il comportamento degli animali. Potrebbero anche portare a nuove tipologie di tecnologie mediche. Si immagina, come fa la professoressa Anikeeva, una connessione bionica che connette due punti di una lesione al midollo spinale, raccogliendo i segnali elettrici inviati dal cervello e trasmettendoli ai muscoli di una mano paralizzata. Anikeeva ha realizzato la sua prima sonda multifunzionale durante gli studi a Stanford. Si trattava di semplici fili metallici arrotolati attorno a un filamento di vetro. Questa sonda ha però permesso di combinare le convenzionali misurazioni degli elettrodi a una nuova tecnologia, l'optogenetica, in cui una luce viene proiettata su dei neuroni per attivarli o spegnerli.

Ora Anikeeva produce sonde che ricorrono a una tecnologia di estensione delle fibre sviluppata da un altro ricerca-

tore del MIT, Yoel Fink. La tecnologia è basata sul modo in cui il silicio viene riscaldato e tirato per formare le fibre destinate alle telecomunicazioni. Funziona però a temperature più basse, dove vari polimeri utili diventano sufficientemente morbidi da allungarsi.

Le fibre polimeriche presentano un paio di vantaggi importanti. La prima è che sono flessibili e imitano le proprietà fisiche dei tessuti. Ciò potrebbe permettergli di operare più a lungo rispetto ai rigidi elettrodi metallici a cui i neuroscienziati si sono affidati sinora, permettendo così di condurre studi più lunghi sugli animali.

Le sonde realizzate sinora incorporano fino a 36 microfili, guide d'onda e canali cavi per il trasporto di farmaci. Potrebbero anche incorporare sensori per la misurazione della temperatura o della pressione. All'interno del corpo, materiali e strutture opportune potrebbero persino indurre i nervi a connettersi alle fibre, nello stesso modo in cui le ossa si fondono con un'anca impiantata.

Il processo di estensione delle fibre riduce grandi modelli in altri microscopici, preservando però i dettagli. Esistono comunque diverse sfide. I minuscoli cavi e tubi devono venire liberati, distesi e saldati manualmente per connettersi a componenti quali lo strumento di registrazione da installare sulla testa di un topo.

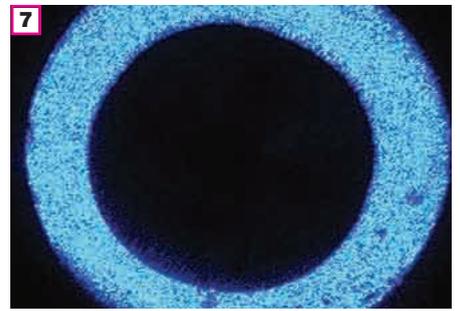
È possibile che questi bio-fili polimerici diventino la cura per la paralisi, trasportando i segnali nervosi attraverso un tratto di midollo osseo danneggiato? «Penso che si tratterà di una versione più sofisticata di questa tecnologia», precisa Anikeeva. «Sicuramente perseguiremo questa strada». ■

*Antonio Regalado è responsabile del settore biomedicale di MIT Technology Review USA.*



Polina Anikeeva.  
Fotografia di Ken Richardson.

1. I blocchi di polimeri sono il punto d'inizio per la produzione di una sonda neurale multifunzionale. In un'officina, un insieme di barre metalliche conduttive, plastiche trasparenti o spazi cavi verranno gradualmente aggiunte per creare una "preforma".
2. La preforma viene caricata su una torre di estensione alta 365 centimetri.
3. Una raccolta di avanzi del processo di estensione. Barre di indio-stagno sono visibili in ciò che rimane della preforma al centro.
4. Una fibra viene estratta dalla fornace dopo essere stata portata a 350 °C. Un micrometro (la luce rossa) monitora la dimensione della fibra.
5. Ciascuna preforma viene estesa fino a produrre un chilometro di fibra. Al termine del processo la preforma avrà raggiunto uno spessore pari ad 1/100 di quello originale.
6. La sezione trasversale di una fibra spessa 0.35 millimetri che contiene quattro elettrodi, un canale per fluidi ed una guida d'onda a forma d'anello.
7. La luce viene fatta brillare attraverso la guida d'onda.
8. Questo topo presenta una fibra impiantata nel cervello. Sulla sua testa è visibile una scheda circuito, una porta attraverso cui introduce la luce ed altre due per l'iniezione di farmaci.
9. La stimolazione ottica del cervello del topo produce l'attività cerebrale qui registrata.



# BAMBINI PERFETTI?

Dalla scienza arrivano gli utensili che un giorno potranno aiutarci a modificare il DNA dei nascituri. Meglio fermarsi prima che sia troppo tardi?

**Antonio Regalado**

**S**e qualcuno avesse già escogitato un modo per generare un bambino geneticamente modificato, immagino che uno come George Church lo saprebbe. Nel suo labirintico laboratorio nel campus della *Harvard Medical School* potete imbattervi in ricercatori impegnati ad applicare al batterio *E. Coli* un codice genetico innovativo e mai visto in natura. Svoltando in un altro corridoio, ecco altri scienziati che stanno portando avanti un progetto basato sulle tecniche di reingegnerizzazione del DNA, con lo scopo di riportare in vita un intero mammoth. Church ama dire che il suo laboratorio è al centro di una nuova Genesi tecnologica, quella in cui l'uomo potrà ripensare la creazione a proprio uso e consumo.

Nel corso della mia visita al laboratorio, nel giugno dello scorso anno, Church mi propose un incontro con una giovane studiosa al lavoro sulla sua tesi di post-dottorato, Luhan Yang. Studentessa di Harvard, originaria di Pechino, la Yang ha avuto un ruolo fondamentale nello sviluppo di una nuova tecnologia per la riscrittura del DNA, una tecnica denominata CRISPR-Cas9. Insieme a Church, la Yang ha costituito una start-up biotecnologica che intende reingegnerizzare il genoma di maiali e altri animali di allevamento, inserendovi geni più vantaggiosi e rimuovendo quelli "cattivi".

Ascoltando la ricercatrice, aspettavo solo il momento giusto per porre la mia vera domanda: possiamo fare tutto questo anche con gli esseri umani? Siamo in grado di migliorare il patrimonio genetico dell'uomo? Finora, almeno nella maggiore parte dei casi, la posizione della scienza ufficiale è che immischiarsi in questo tipo di manipolazioni sarebbe insicuro, irresponsabile, addirittura impossibile. Ma non c'è un secondo di esitazione nella Yang quando alla mia domanda risponde: «Sì, naturalmente». Anzi, in quello stesso laboratorio di Harvard era in corso un progetto mirato a capire come fare. La Yang apre lo schermo del suo laptop su una slide di PowerPoint intitolata *Riunione sul tema dell'editing della linea germinale*. Ed eccola lì, una proposta tecnica volta a modificare l'ereditarietà genetica dell'essere umano. Nel gergo dei biologi, "linea germinale" è sinonimo di uovo e spermatozoo che si combinano per formare un embrione. Riscrivendo il DNA di queste cellule, o dell'embrione stesso, è teoricamente

possibile correggere una malattia genetica e trasmettere questi "aggiustamenti" anche alle generazioni successive. Con una tecnologia come questa potremmo liberarci di intere famiglie di patologie come la fibrosi cistica. Potremmo inserire geni in grado di renderci, una volta per tutte, resistenti alle infezioni, all'Alzheimer, e forse, secondo la Yang, agli effetti dell'invecchiamento. Una scoperta medica di tale portata sarebbe non meno importante dei vaccini individuati nel secolo scorso.

Questa la promessa. La paura è che la riscrittura della linea germinale rappresenti la strada che ci condurrà a uno scenario distopico fatto di superuomini e bambini su misura, ma solo per chi se li potrà permettere. Vorresti un figlio con gli occhi azzurri e i capelli biondi? E perché non progettare una genia di cervelloni che possa diventare la futura classe dominante di politici e scienziati?

A soli tre anni dalle prime scoperte, la tecnologia CRISPR viene già ampiamente utilizzata dai biologi come attrezzo in grado di compiere operazioni di ricerca e sostituzione per modificare il DNA, a un livello di dettaglio corrispondente a una singola "lettera" del genoma. Una tecnica talmente precisa che già tutti prevedono possa costituire un approccio molto promettente alla terapia genetica di persone colpite da gravissime malattie. L'idea è che il medico un giorno potrebbe essere in grado di correggere un singolo gene difettoso, per esempio nelle cellule ematiche di un paziente affetto da anemia falciforme. Ma questo tipo di terapia genetica ancora non investe le cellule germinali, e quindi le modifiche apportate al DNA non si trasmetterebbero alle generazioni future.

Le mutazioni determinate dalla reingegnerizzazione della linea germinale, viceversa, sono trasmissibili ed è per ciò che l'idea è così controversa. Finora, prudenza e preoccupazioni di carattere etico hanno avuto la meglio. Una decina di nazioni, in una lista che non include gli Stati Uniti, hanno vietato la sperimentazione di interventi bio-ingegneristici sulla linea germinale e le associazioni scientifiche sono unanimi nel considerare troppo rischiosi certi tentativi. La convenzione europea per i Diritti dell'Uomo e la bio-medicina affermano che intervenire sul patrimonio genetico costituirebbe un crimine nei

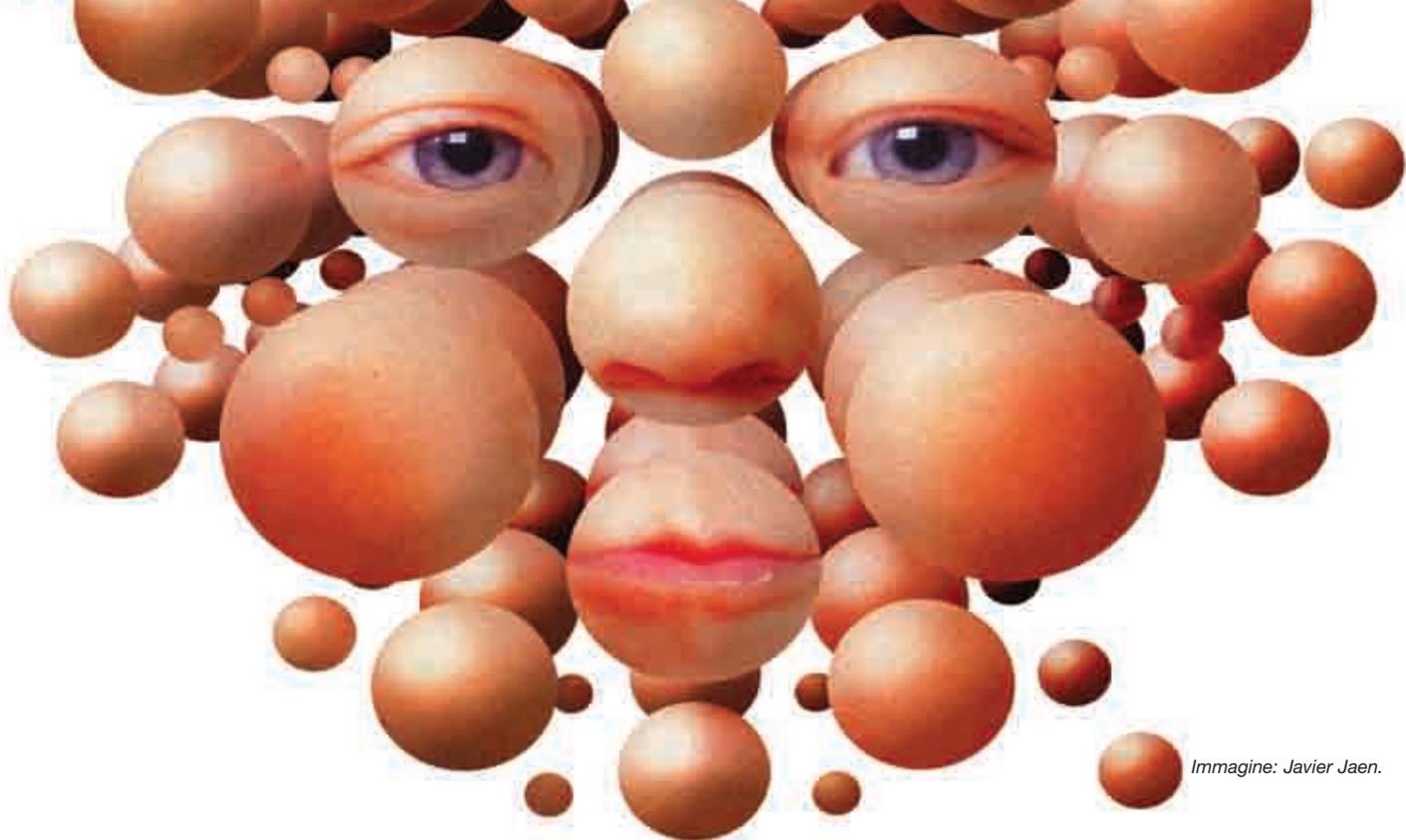


Immagine: Javier Jaen.

confronti della “dignità dell’uomo” e dei suoi diritti. Ma tutte queste dichiarazioni risalgono a prima che fosse materialmente possibile intervenire con precisione sui geni della linea germinale. Oggi, grazie a un sistema come CRISPR, questa possibilità c’è.

L’esperimento descritto dalla Yang, per quanto sia complesso, avrebbe dovuto svolgersi in questo modo: un ospedale newyorkese fornisce ai ricercatori le ovaie di una donna sottoposta a intervento chirurgico per un tumore ovarico provocato dalla mutazione di un gene denominato BRCA1. In collaborazione con un altro laboratorio di Harvard, quello diretto dallo specialista dell’anti-invecchiamento, David Sinclair, gli scienziati estraggono dall’ovaio cellule ancora immature, da sottoporre a un procedimento di crescita e suddivisione forzata. Servendosi della tecnologia CRISPR, la Yang riscrive il gene BRCA1 di queste cellule in modo corretto, con l’obiettivo di creare un ovocito non più caratterizzato dal difetto genetico che aveva provocato il cancro nella paziente donatrice.

Dopo il nostro incontro, la Yang mi ha contattato per riferirmi che subito dopo l’intervista aveva deciso di abbandonare l’esperimento. Ma, indipendentemente dal destino di quello specifico esperimento, l’ingegneria genetica applicata alla linea germinale umana è diventata un argomento molto in voga tra i ricercatori. Ci stanno lavorando in almeno tre centri negli Stati Uniti, insieme a diversi scienziati in Cina, Regno Unito e a una start-up biotecnologica chiamata Ova-Science, con sede a Cambridge, nel Massachusetts, che vanta tra i membri del suo comitato di consulenza alcuni dei più famosi specialisti mondiali in fertilità.

L’obiettivo di questi gruppi è dimostrare che è possibile generare bambini privi degli specifici geni associati alle malattie ereditarie. Qualora fosse possibile correggere il DNA direttamente nell’uovo di una donna o nello spermatozoo di un uomo, gli ovociti così corretti potrebbero venire utilizzati da una clinica di fecondazioni *in vitro* (IVF) per produrre un embrione e da questo un bambino. In teoria grazie alla CRISPR potrebbe addirittura essere possibile modificare direttamente il DNA di un embrione fecondato *in vitro*, almeno nei suoi primi stadi. Diversi esperti consultati hanno riferito che esperi-

menti del genere sono già stati fatti in Cina e che si attendevano solo i risultati delle manovre di riscrittura del DNA degli embrioni. Le dichiarazioni vengono da persone, tra cui due specialisti di fama, i quali non hanno voluto esporsi proprio perché la relativa documentazione è ancora in fase di revisione.

Tutto ciò significa che la reingegnerizzazione della linea germinale è un obiettivo molto più distante di quanto immaginiamo.

### Riscrivere l’embrione

In quale misura è tecnicamente possibile modificare la sequenza genetica di un embrione umano servendosi della tecnica CRISPR? Gli esperti dicono che la cosa è relativamente semplice. «Qualsiasi scienziato dotato di competenze in campo biomolecolare e preparato a intervenire sull’embrione può farcela tranquillamente», afferma Jennifer Doudna, la biologa della University of California a Berkeley, la quale nel 2012 ha contribuito direttamente alla scoperta del CRISPR come strumento di bioingegneria.

Per scoprire come, mi sono recato in visita al laboratorio di Guoping Feng, biologo dell’Istituto McGovern per le neuroscienze al MIT, dove si lavora a formare una colonia di piccole scimmie appartenenti alla famiglia dei Cebidi con lo scopo di ricostruire, servendosi della CRISPR, un accurato modello delle patologie del cervello umano. Per ottenere questo modello, Feng deve modificare il DNA degli embrioni e trasferirlo in una femmina di cebide per generare scimmie di seconda generazione. Uno dei geni che Feng spera di riuscire a modificare si chiama SHANK3, che è coinvolto nei meccanismi di trasmissione tra cellule neuronali e che nei bambini può provocare autismo.

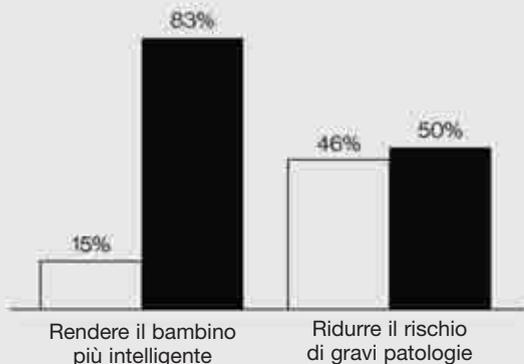
Feng sostiene che prima della CRISPR era impossibile introdurre modifiche così precise nel DNA di un primate. Con la CRISPR, la procedura dovrebbe essere relativamente semplice. Il sistema è costituito da un enzima capace di spezzare la sequenza di un gene e da una guida molecolare che può venire programmata per indirizzare combinazioni univoche dei quattro codici del DNA: A, G, C e T. Inserendo i due ingredienti in una cellula, questi andranno a tagliare e modificare il genoma esattamente nel punto previsto.

## La manipolazione genetica dei neonati

Percentuali di popolazione adulta americana secondo cui andare a modificare le caratteristiche genetiche di un bambino...

□ "è appropriato" (bianco)

■ "spinge troppo in là i progressi della medicina" (nero)



Dati: Pew Research Center.

La tecnica, tuttavia, non è ancora perfezionata e al momento costituirebbe un modo molto aleatorio per modificare un embrione umano, come testimoniano gli sforzi che Feng sta portando avanti per cercare di creare le sue scimmiette geneticamente modificate. Nell'applicare il sistema al caso dei cebidi, i suoi collaboratori cercano semplicemente di inoculare le sostanze opportune in un uovo fecondato, noto come zigote, lo stadio che precede il momento in cui la cellula inizia a dividersi.

Feng mi ha detto che l'efficienza con cui la CRISPR è in grado di rimuovere o disattivare un gene nello zigote è circa pari al 40 per cento, mentre modifiche ancora più specifiche, o la sostituzione di una singola lettera del DNA, hanno percentuali di successo ancora inferiori, diciamo del 20 per cento.

Immettere gli ingredienti della CRISPR in un embrione umano sarebbe un compito quasi banale sul piano scientifico. Ma per molti non sarebbe ancora una operazione praticabile. Questa è una delle ragioni per cui molti scienziati guardano a esperimenti di questo tipo con autentico sdegno (indipendentemente dal fatto che abbiano già avuto luogo in Cina), considerandolo più come un modo molto provocatorio di suscitare attenzione che come vera scienza. Rudolf Jaenisch, biologo del MIT e dirimpettaio di Feng a Cambridge, è il ricercatore che negli anni Settanta riuscì a creare il primo topo geneticamente modificato e giudica "assolutamente prematuro" ogni tentativo di modificare l'embrione umano. Afferma anche di confidare nella mancata approvazione e pubblicazione di articoli scientifici dedicati alla questione. «Si tratta di puro e semplice sensazionalismo mirato a rendere ancora più rovente la discussione», afferma Jaenisch. «Sappiamo che la cosa è possibile, ma avrebbe anche un uso pratico? Ne dubito fortemente».

Dal canto suo, Feng mi ha confessato di approvare il concetto di reingegnerizzazione della linea germinale. Dopo tutto, lo scopo della medicina non è proprio quello di alleviare la sofferenza? Considerando però lo stato dell'arte di questa tecnologia, ritiene che l'ipotesi di un

## La reingegnerizzazione della linea germinale è un obiettivo più distante di quanto immaginiamo.

essere umano geneticamente ingegnerizzato sia ancora a «dieci, venti anni dalla sua realizzazione». Tra i vari problemi, una tecnica di questo tipo può introdurre effetti collaterali lontano dal bersaglio preso in considerazione, andando a modificare piccoli tratti di DNA anche molto distanti dal punto cercato dagli scienziati. Oggi, un embrione umano modificato per mezzo della CRISPR correrebbe un rischio dovuto a cambiamenti genetici imprevisi. Secondo Feng, problemi del genere un giorno potranno venire superati e solo allora assisteremo alla nascita di individui geneticamente modificati.

### La modifica nell'uovo

In altri punti dell'area metropolitana di Boston gli scienziati stanno lavorando su un diverso tipo di approccio alla problematica della riscrittura della linea germinale. La strategia mette insieme la CRISPR e una serie di scoperte ancora in divenire, che presto porteranno alla capacità di sfruttare le cellule staminali per la produzione di ovociti e spermatozoi in laboratorio. A differenza dell'embrione, le cellule staminali possono venire coltivate e moltiplicate. Potrebbero perciò costituire un metodo molto più efficace di generare una discendenza modificata con la tecnica CRISPR. La ricetta prevede innanzitutto una modifica dei geni delle cellule staminali. In seconda battuta la staminale viene forzata a trasformarsi in un ovocita o in una cellula uovo maschile. Da qui nascerebbero i discendenti.

In una sala del Benjamin Hotel di Manhattan, un gruppo di investitori ha avuto la possibilità di assistere a un'anteprima di questa tecnica il 17 dicembre del 2014, durante la presentazione ufficiale di OvaScience. Fondata quattro anni fa, l'azienda punta a sfruttare commercialmente l'attività scientifica di David Sinclair, docente di Harvard, e Jonathan Tilly, esperto di cellule staminali uovo e presidente del dipartimento di biologia della Northeastern University. La start-up ha organizzato queste dimostrazioni nell'ambito di una strategia comunicativa che a gennaio di quest'anno ha consentito di raccogliere 132 milioni di dollari di nuovo capitale investito.

Nel corso dell'incontro, Sinclair, australiano dalla voce vellutata finito lo scorso anno nella classifica dei cento personaggi più influenti del mondo stilata dalla rivista "Time", è salito sul podio per offrire a Wall Street un'anticipazione su sviluppi a suo dire «di portata autenticamente epocale». In futuro, ha annunciato Sinclair, guarderemo al momento attuale come a un nuovo capitolo nella storia del «modo in cui l'essere umano esercita il dominio sul proprio corpo», perché ai genitori sarà concesso di determinare «quando e come avere figli e in che misura questi saranno sani».

OvaScience non ha ancora portato a termine la sua tecnologia per le cellule staminali – ancora non è stato dimostrato che gli ovociti coltivati in laboratorio siano effettivamente utilizzabili – ma Sinclair ritiene che l'arrivo delle cellule uovo coltivate «è solo questione di tempo». Una volta che sarà in grado di funzionare, ha aggiunto, la tecnologia consentirà alle donne infertili di produrre centinaia di ovociti e forse altrettanti di embrioni. Inoltre, basandosi sull'analisi dei

## Sistema CRISPR e patrimonio genetico umano

Chi sono i protagonisti dello sviluppo delle tecnologie per la riscrittura del linea germinale nell'uomo.

### Jennifer Doudna

University of California, Berkeley

**Principali risultati ottenuti:** nel 2012 partecipa allo sviluppo del sistema di riscrittura genetica CRISPR, basato sull'impiego di batteri. **Attuali linee d'azione:** ha manifestato le proprie preoccupazioni in relazione alla tecnologia CRISPR e alle sue potenziali applicazioni alla linea germinale.

### George Church

Harvard Medical School

**Principali risultati ottenuti:** Nel 2013 ha dimostrato la possibilità di applicare tecniche CRISPR anche a cellule umane. **Attuali linee d'azione:** Lavora a un progetto di reingegnerizzazione del genoma negli animali, inclusi per esempio maiali utilizzati come ospiti di organi da trapiantare nell'uomo.

### OvaScience

Cambridge, Massachusetts

**Principali risultati ottenuti:** L'azienda ha raccolto quasi 300 milioni di dollari allo scopo di commercializzare una tecnologia basata su cellule staminali uovo a beneficio delle cliniche dell'infertilità. **Attuali linee d'azione:** Esplorare la possibilità di modificare le cellule uovo per rimuovere dalle successive generazioni i geni associati a malattie.

### Jinsong Li

Shanghai Institute for Biological Sciences

**Principali risultati ottenuti:** Nel 2015 è riuscito a "correggere" una malattia genetica che colpisce i topi modificando il DNA di uno spermatozoo. **Attuali linee d'azione:** Confida di riuscire a modificare le cellule uovo maschili per dimostrare le future applicazioni mediche mirate alle procedure di fecondazione artificiale.

### Xingxu Huang

ShanghaiTech University

**Principali risultati ottenuti:** Nel 2014, ha fatto parte di un gruppo che in Cina è riuscito a generare le prime scimmie modificate geneticamente attraverso tecniche CRISPR. **Attuali linee d'azione:** Ricevere l'approvazione per modificare geneticamente gli embrioni scartati nel corso delle procedure di fecondazione *in vitro*.

### Azim Surani

Università di Cambridge, Regno Unito

**Principali risultati ottenuti:** Alla fine dello scorso anno ha dimostrato che le cellule della nostra epidermide possono essere trasformate in cellule germinali primitive, ovvero cellule uovo o spermatozoi. **Attuali linee d'azione:** Applicare le tecniche CRISPR alle staminali per studiare le questioni fondamentali della biologia evolutiva.

geni del loro DNA sequenziato, potranno selezionare gli embrioni più sani. In questo scenario anche l'idea di un figlio geneticamente controllato potrebbe diventare possibile.

Ai suoi potenziali investitori Sinclair ha raccontato di essere attualmente impegnato nel tentativo di modificare il DNA delle cellule staminali uovo attraverso le tecniche di riscrittura genetica, attività che in seguito mi ha confermato di portare avanti in collaborazione con il laboratorio di Church. «Riteniamo che le nuove tecnologie di riscrittura del genoma ci consentiranno di applicarle a persone che non siano semplicemente interessate a generare un figlio con la fecon-

## Il timore di uno scenario distopico fatto di superuomini e bambini su misura per chi se li potrà permettere.

dazione artificiale, ma che lo vogliono sano, anche se nella loro famiglia esistono casi di malattia genetica», ha annunciato Sinclair alla comunità finanziaria.

Ho parlato brevemente al telefono con Sinclair, mentre si trovava a bordo di un taxi in una Boston sommersa dalla neve, ma qualche tempo dopo ha preferito dirottarmi direttamente a OvaScience. Quando ho preso contatto con l'azienda, una portavoce, Cara Mayfield, mi ha fatto sapere che i dirigenti non erano disponibili a commenti, essendo tutti in trasferta di lavoro, ma ha confermato che l'azienda stava effettivamente studiando la possibilità di trattare le malattie ereditarie attraverso la riscrittura dei geni. Il fatto per me sorprendente era come questo tipo di ricerche, che alcuni critici della bioingegneria umana collocano "oltre i confini della linea germinale", abbia ricevuto una così scarsa attenzione mediatica.

Quando ho preso contatto con il professor Tilly alla Northeastern e gli ho spiegato il motivo per cui desideravo conferire con lui, lo scienziato si è messo a ridere: «Sarà una conversazione rovente», ha ammesso. Anche Tilly riconosce che il suo laboratorio è impegnato già adesso nel tentativo di editare il DNA delle staminali uovo con tecniche CRISPR, allo scopo di eliminare il rischio di una malattia genetica non meglio specificata. Tilly ha sottolineato come il «rompicapo sia costituito da due pezzi diversi»: uno riguarda le cellule staminali, l'altro la riscrittura dei geni. La capacità di produrre un numero elevato di staminali uovo è critica, perché solo con un quantitativo sufficiente di queste cellule si può pensare di indurre, grazie alla CRISPR, cambiamenti genetici che siano stabili, bene caratterizzati attraverso il sequenziamento e accuratamente analizzati per eliminare ogni possibile errore prima della produzione di un ovocita.

La previsione di Tilly è che l'intero processo – da cellula a cellula staminale, da staminale a uovo o spermatozoo e da qui alla progenie – verrà prima messo a punto in animali da allevamento e a farlo sarà il suo laboratorio o una azienda come eGenesis, lo spin-off fondato dal laboratorio di Church, che sta proprio lavorando su questo tipo di animali. Si dice tuttavia incerto su quale potrebbe essere il passo successivo, con la riscrittura delle cellule uovo umane. Non si potrebbe *sic et simpliciter* dare il via alla fecondazione di uno di questi ovociti. Si darebbe potenzialmente vita a un essere umano e ciò porrebbe domande per cui non è sicuro di trovare risposte: «Poterlo fare, è un conto. Ma la domanda fondamentale è: "Tu lo faresti? Perché dovresti farlo? Con quale scopo?" In quanto scienziati vogliamo conoscere se sia possibile, ma poi entreremmo nell'ambito di questioni più complesse, che non riguardano la scienza, ma l'intera società».

### L'uomo reingegnerizzato

Se mai l'ingegneria della linea germinale dovesse entrare a fare parte della pratica medica, potrebbe determinare cambiamenti radicali al concetto di salute dell'essere umano, con conseguenze dirette sulle aspettative di vita, l'identità dell'individuo, la sua produttività economica. Ma darebbe luogo a veri e propri dilemmi e a nuove sfide sul

piano sociale. Che cosa accadrebbe, per esempio, se questi cambiamenti fossero appannaggio esclusivo delle società più affluenti, o degli individui più ricchi?

Altri la ritengono una idea discutibile a causa della mancanza di precise motivazioni di carattere medico. Hank Greely, avvocato e esperto di etica alla Stanford University, sostiene che i fautori di queste tecnologie «non sanno spiegare a che cosa servano veramente». Il problema, afferma Greely, è che attualmente è già possibile analizzare il DNA degli embrioni *in vitro* e selezionare i più sani.

In effetti, alcuni sono pronti a riconoscere che l'intera faccenda della bioingegneria applicata alla linea germinale poggia su «false argomentazioni». È l'opinione di Edward Lanphier, CEO di Sangamo Biosciences, azienda bio-tech californiana che utilizza una diversa tecnica di riscrittura dei geni, la cosiddetta «nucleasi a dito di zinco», per cercare di curare l'AIDS negli adulti con la modifica dei loro ematociti: «Abbiamo preso in considerazione l'ingegneria della linea germinale e non abbiamo trovato nessuna motivazione sul piano clinico, perché non ce ne sono».

I più critici sottolineano varie preoccupazioni: bambini che diventano soggetto di sperimentazione; genitori influenzati dalle campagne pubblicitarie delle cliniche della fecondazione; l'ingegneria della linea germinale usata per promuovere il diffondersi di tratti genetici considerati superiori e che coinvolge per giunta persone non ancora venute al mondo, senza riguardo per la loro futura opinione. La American Medical Association ritiene per esempio che ogni intervento sulla linea germinale allo stato attuale va evitato «perché influisce sul benessere delle future generazioni» e può determinare «esiti imprevedibili e irreversibili».

Altri prevedono che prima o poi verranno individuate ragioni di carattere medico a cui sarà più difficile opporsi. Per esempio, ci sono individui maschi che soffrono di azoospermia e che non riescono a produrre spermatozoi. Una delle cause di questa condizione è un difetto genetico per cui una stringa di DNA di lunghezza compresa tra il milione e i sei milioni di lettere manca totalmente dal cromosoma Y. Per un individuo affetto da questa carenza si può immaginare l'idea di prelevare un campione di epidermide, per trasformarlo in cellule staminali, riparare il DNA e produrre uno spermatozoo. Parola di Werner Neuhäusser, giovane medico austriaco che divide il proprio tempo tra le cliniche della fertilità e l'Istituto delle cellule staminali di Boston: «Tutto ciò cambierà definitivamente la medicina. Potremo curare definitivamente la sterilità».

Nel corso degli ultimi mesi ho parlato spesso con Church, il quale si dice convinto che, malgrado i dettagli ancora da chiarire, sarà prima o poi possibile rimpiazzare le singole lettere del DNA sostanzialmente senza effetti collaterali. Il suo laboratorio è focalizzato sugli esperimenti di reingegnerizzazione animale e precisa che in quella sede non verranno prodotti o modificati embrioni umani, definendo una simile decisione «estranea al nostro stile».

Nello stile di Church c'è piuttosto un tema come il cosiddetto «potenziamento» dell'essere umano. Perciò va dicendo da tempo che la tecnologia CRISPR non può limitarsi a sopprimere i geni legati alle malattie ereditarie. Deve servire piuttosto a potenziare certe funzioni. Intervendendo ai convegni, a cui partecipano anche gruppi di «transumanisti» interessati alle prossime fasi dell'evoluzione umana, Church è solito mostrare una slide con un elenco di mutazioni naturali legate a una decina di geni che conferiscono qualità straordinarie,

**«Il genoma umano non è perfetto. L'imperativo etico ci obbliga a sostenere positivamente questa tecnologia». (John Harris)**

o la capacità di resistere a determinate malattie. Una di queste rende le ossa talmente dure da spezzare le punte dei trapani chirurgici. Un'altra riduce drasticamente il rischio di subire un attacco cardiaco. I ricercatori islandesi hanno dimostrato che una variante del gene per la proteina precorritrice dell'amiloide, o APP, protegge contro l'Alzheimer. Le persone che posseggono tale gene non si ammalano di demenza senile e mantengono le loro facoltà anche in tarda età.

Church ritiene che la CRISPR debba venire utilizzata per dotare gli individui delle versioni più favorevoli di determinati geni, apportando al DNA modifiche che possono funzionare come vaccini nei confronti delle malattie comuni. Tende invece a girare intorno alle domande che riguardano i figli geneticamente modificati. L'idea di apportare miglioramenti alla specie umana ha sempre goduto di «pessima stampa», ha scritto nel 2012 introducendo *Rigeneris*, il suo libro dedicato alla «biologia artificiale». Ma sembra suggerire esattamente questo: miglie che assumono l'aspetto di geni protettivi. «Qualcuno prima o poi sosterrà che la forma di prevenzione in assoluto più efficace consiste nell'agire quanto prima possibile sul piano preventivo», ha dichiarato la scorsa primavera al pubblico del Media Lab del MIT. «Ritengo che questa possa essere la migliore delle barriere protettive, ma solo se sarà molto economica, estremamente sicura e del tutto prevedibile».

Molti ritengono che sarebbe sbagliato rinunciare all'opportunità di migliorare la nostra specie. «Il genoma umano non è perfetto», afferma John Harris, esperto in bioetica dell'Università di Manchester, nel Regno Unito. «L'imperativo etico ci obbliga a sostenere positivamente questa tecnologia». Nick Bostrom, filosofo di Oxford noto per avere pubblicato nel 2014 un libro intitolato *Superintelligence*, in cui viene lanciato l'allarme sul rischio che i computer possano acquisire una forma autonoma di intelligenza artificiale, ha preso in esame la questione del possibile impiego delle tecnologie riproduttive per potenziare l'intelletto negli uomini. Anche se le basi genetiche dell'intelligenza non sono del tutto comprese e il numero di geni implicati potrebbe essere troppo elevato da consentire una semplice ingegnerizzazione, tali punti fermi non attenuano la voglia di speculare sulle possibilità dell'eugenetica high-tech.

Anche un numero limitato di individui «super-potenziati», scrive Bostrom in un saggio di due anni fa, potrebbe cambiare il mondo con la sua creatività e attraverso innovazioni di cui tutti potremmo usufruire. A suo modo di vedere la manipolazione genetica è una importante questione di ampio respiro, come il cambiamento climatico o la pianificazione finanziaria di una nazione, «poiché la capacità umana di risolvere i problemi è fondamentale in tutte le sfide che dobbiamo affrontare».

## La via del vino

Lo scorso 24 gennaio, un sabato, un gruppo di una ventina di scienziati, studiosi di etica e giuristi si è riunito in una località della Napa Valley, in California, per trascorre qualche giorno di ritiro tra i vigneti

ti intorno alla Carneros Inn. L'invito era arrivato da Jennifer Doudna, la ricercatrice di Berkeley che poco più di due anni aveva condiviso il merito della scoperta del sistema CRISPR. Doudna aveva cominciato a rendersi conto che i suoi colleghi si apprestavano ad attraversare il limite della linea germinale ed era seriamente preoccupata.

«Come scienziati ci rendiamo conto dell'incredibile potenza di uno strumento come CRISPR. Ma è un'arma a doppio taglio ed è nostro dovere sincerarsi che venga utilizzata con cautela», mi ha dichiarato nel corso di un colloquio. «La questione specifica riguarda la riscrittura della linea germinale e la coscienza che questa possibilità è ormai alla portata di noi tutti».

Alla riunione, con specialisti di etica come Greely, ha preso parte Paul Berg, biochimico di Stanford premiato con il Nobel, noto per essere stato l'organizzatore della Conferenza di Asilomar, storico convegno del 1975 in cui il mondo della biologia riuscì a stipulare un accordo sul modo più sicuro di procedere con gli esperimenti riguardanti il DNA ricombinante, la metodologia, allora appena messa a punto, utilizzata per riassemblare spezzoni di DNA all'interno di batteri.

Dobbiamo pensare a una Asilomar anche per la riscrittura della linea germinale? La Doudna ritiene di sì, ma non sembrano esserci molte speranze di raggiungere un simile consenso. Oggi la ricerca nel campo delle biotecnologie è una questione globalizzata, che coinvolge centinaia di migliaia di persone. Non esiste una unica autorità in grado di pronunciarsi a nome della scienza e non è facile rimettere il genio nella lampada.

La Doudna si è detta convinta che una moratoria volontaria, autoimposta dalla stessa comunità scientifica, dovrebbe riguardare non soltanto la possibilità di generare bambini geneticamente modificati, ma anche l'impiego del sistema CRISPR per alterare gli embrioni, le cellule uovo o gli spermatoцитi dell'uomo, come sta invece avvenendo nel caso degli esperimenti in corso ad Harvard, alla Northeastern o presso l'azienda OvaScience: «Ritengo che la ricerca debba volgersi a comprendere meglio la sicurezza, l'efficacia e i modi di somministrazione. E penso che tali esperimenti debbano avvenire su sistemi biologici non umani, prima di affrontare la questione delle modifiche della linea germinale. Sono favorevole a un tipo di approccio più prudente». Non tutti però concordano sul fatto che la bioingegneria della linea germinale debba destare tante preoccupazioni, o che sia necessario blindare gli esperimenti. Greely osserva che negli Stati Uniti ci sono pile di regolamenti in grado di impedire a un laboratorio scientifico di procedere *ipso facto* alla reingegnerizzazione dei nascituri. «Non vorrei che il tema della sicurezza diventasse una scusa per imporre un divieto che non ha nulla da spartire con la sicurezza», sostiene Greely, aggiungendo di avere espresso pareri non favorevoli all'istituzione di una moratoria. Ma afferma anche di avere deciso di aggiungere la sua firma alla lettera aperta della Doudna.

La Doudna afferma di averci pensato a lungo: «È una cosa che va direttamente al cuore di ciò che siamo come individui, e porta a chiederti se è giusto che gli esseri umani debbano esercitare questo tipo di potere. Ci sono implicazioni morali ed etiche, ma una delle questioni fondamentali è la consapevolezza che se la riscrittura della linea germinale verrà applicata su esseri umani cambierà anche la nostra evoluzione». ■

Antonio Regalado è responsabile del settore biomedicale di MIT Technology Review USA.

## Farlo o non farlo?

Jason Pontin

Tre anni fa quando CRISPR-Cas9, una tecnica di ingegneria genetica di precisione, fece all'improvviso la sua comparsa, come una tecnologia proveniente dal futuro, gli scienziati realizzarono che era diventato possibile programmare la razza umana, dotando i nostri figli e i loro eredi di geni evoluti. Ma molti smentirono che ciò si sarebbe verificato così presto.

Tuttavia ero certo che gli scienziati avrebbero studiato il modo di modificare la linea germinale umana e anche molto in fretta. «Linea germinale» si riferisce, nel gergo tecnico dei biologi, all'ovocita e allo sperma, dalla cui unione ha origine un embrione. L'editing genomico di queste cellule, o dello stesso embrione, sarebbe in grado di trasmettere le alterazioni genetiche alle generazioni future.

Guoping Feng, neurobiologo presso il McGovern Institute For Brain Research del MIT, è convinto che «ci vorranno ancora dai 10 ai 20 anni» per creare degli esseri umani geneticamente modificati, ma ciononostante è d'accordo con la manipolazione genetica della linea germinale. Feng afferma che «nel lungo termine, sarà possibile migliorare sensibilmente le condizioni di salute e ridurre i costi, come una sorta di prevenzione».

Perché non impiegare CRISPR per sconfiggere malattie come quella di Huntington, un terribile e fatale disordine neurodegenerativo, scatenato dal difetto di un singolo gene? O perché non correggere il DNA di un embrione che presenta una mutazione all'interno di un gene, denominata BRCA1, causa di tumore al seno e alle ovaie? Mentre si giocherella con il DNA di un embrione, perché non introdurre delle varianti genetiche, che possono manifestarsi naturalmente, in grado di conferire delle qualità straordinarie, come ossa particolarmente resistenti o immunità a malattie come l'Alzheimer? Come testimonia Antonio Regalado, nell'articolo precedente, vengono già effettuati esperimenti volti a correggere il DNA di un ovocita di una donna o dello sperma di un uomo o a manipolare direttamente il DNA di un embrione allo stadio iniziale, ricorrendo alla tecnologia CRISPR.

Per quale motivo non dovremmo farli? L'obiezione più grande è che non conosciamo le conseguenze di ciò che stiamo facendo: se procuriamo l'immunità verso una malattia, potremmo rompere qualcosa all'interno di un genoma.

La storia conferma che, per quanto una tecnologia possa dimostrare una evidente utilità, alla fine verrà bene impiegata. Ma come la impiegheremo, è una nostra scelta. A marzo un gruppo di scienziati, inclusi Doudna e due laureati premi Nobel, scrivendo sulla rivista "Science", hanno richiesto un dibattito allargato sulla manipolazione genetica degli esseri umani e una moratoria su ogni esperimento finalizzato alla creazione di bambini geneticamente modificati. In sostanza gli scienziati non hanno chiesto ai propri colleghi di non impiegare più il metodo CRISPR per modificare gli embrioni umani a scopo di ricerca. Hanno invece suggerito la formazione di un'associazione internazionale di enti governativi, esperti di etica e scienziati, per dare delle politiche di indirizzo a questa ricerca. ■

Jason Pontin è Direttore editoriale di MIT Technology Review USA.

## Un pancreas in capsula

I sostenitori delle cellule staminali ripongono la loro fiducia in un nuovo metodo per la cura del diabete.

**Brian Alexander**

**Q**uattordici anni fa, nel periodo più buio delle “guerre sulle cellule staminali” che vedevano gli scienziati americani contro la Casa Bianca di George W. Bush, un solo gruppo di sostenitori premeva per la sperimentazione su cellule ricavate da embrioni umani: i genitori di bambini colpiti dal diabete di tipo 1. Motivati dagli scienziati secondo i quali queste cellule avrebbero portato a stupefacenti cure, questi genitori hanno speso milioni di dollari in pubblicità televisive, incontri e una quantità innumerevole di telefonate al Congresso.

Ora, finalmente, ha avuto inizio il primo test di un trattamento per il diabete di tipo 1, che fa uso di cellule staminali. Nel mese di ottobre, due piccole sacche di cellule del pancreas, cresciute in laboratorio partendo dalle cellule staminali di un embrione umano, sono state introdotte con una incisione nella schiena di un uomo. Da allora altri due pazienti hanno ricevuto questo pancreas-provisorio, sviluppato da ViaCyte, una piccola società di San Diego.

Si tratta di un passo importante, perché lo studio della ViaCyte è solamente il terzo a essere stato condotto negli Stati Uniti su un trattamento a base di cellule staminali embrionali. Queste cellule, una volta rimosse dagli embrioni umani allo stadio iniziale, possono crescere in piastrine di laboratorio conservando la capacità di differenziarsi in una qualunque tipologia di cellula o tessuto nel corpo.

Un altro studio, ora sospeso, ha trattato diversi pazienti con lesioni al midollo spinale, mentre proseguono alcuni test per trapiantare cellule retiniche cresciute in laboratorio in persone affette da cecità.

I pazienti di tipo 1 devono continuamente monitorare il glucosio nel sangue con piccoli prelievi dalle dita, controllare attentamente quando e cosa mangiare, autosomministrarsi regolarmente l'insulina che non viene prodotta dal pancreas. L'insulina, un ormone, consente la rimozione degli eccessi di glucosio dal sangue e

il loro trasferimento nel grasso e nei muscoli. Nei diabetici di tipo 1, il pancreas non riesce ad assolvere a questa funzione perché il loro sistema immunitario ha aggredito e distrutto le isole pancreatiche, i minuscoli grappoli di cellule contenenti le cellule beta che secernono l'insulina.

La routine è particolarmente pesante per i bambini, che in caso di errata gestione del livello di glucosio potrebbero venire colpiti da danni ai nervi e ai reni, da cecità e da un accorciamento della vita. Eppure, nonostante gli anni di ricerca, continua a mancare un trattamento sicuro per i pazienti, come rileva Robert Henry, un medico della University of California (San Diego), il cui centro sta conducendo gli interventi per la ViaCyte.

Henry esagera solo un poco. In realtà, esiste un intervento conosciuto come Protocollo di Edmonton, una tecnica chirurgica descritta per la prima volta nel 2000 nel “New England Journal of Medicine”. Questa tecnica utilizzava isole pancreatiche prelevate da cadaveri. Trapiantandole, un medico dell'Università di Alberta era riuscito a evitare per un intero anno che tutti e sette i suoi primi pazienti necessitassero di iniezioni di insulina.

La speranza che questo protocollo potesse rappresentare una cura, però, sarebbe presto venuta meno. Solamente la metà dei pazienti trattati è riuscita a prescindere dall'insulina nel lungo termine e la procedura, che viene ancora considerata sperimentale negli Stati Uniti, non è coperta da alcuna assicurazione sanitaria.

I pazienti devono assumere pesanti farmaci immunosoppressori per il resto della vita e i donatori idonei sono estremamente rari.

I primi risultati del Protocollo di Edmonton sono emersi appena due anni dopo la scoperta delle cellule staminali embrionali, avvenuta nel 1998. I pazienti che premevano per il rapido sviluppo di una cura per il diabete si proposero quindi un nuovo traguardo: abbinare qualcosa

come il Protocollo di Edmonton alla tecnologia delle cellule beta cresciute in laboratorio, la cui disponibilità è teoricamente illimitata. «Abbiamo dimostrato che un trapianto è in grado di ripristinare le funzioni beta e l'indipendenza da insulina», precisa Richard Insel, Chief Scientific Officer della Juvenile Diabetes Research Foundation (JDRF), un ente no profit con 300mila membri. «Era pertanto ovvio che, se avessimo trovato una fonte ripristinabile di cellule, un gran numero di persone ne avrebbero beneficiato».

Per questo motivo la JDRF si è battuta contro le restrizioni che la Casa Bianca di Bush minacciava di imporre e i suoi membri hanno supportato nel 2004 l'iniziativa che avrebbe portato alla creazione del California Institute for Regenerative Medicine, una società pubblica autorizzata a spendere 3 miliardi di dollari nella ricerca sulle cellule staminali. L'Istituto californiano ha concesso alla ViaCyte sei finanziamenti per un totale di 39 milioni di dollari, più di quanto sia stato concesso a qualunque altra società, e la JDRF ha investito direttamente altri 14 milioni di dollari.

Sebbene l'idea di crescere cellule beta sostitutive sia concettualmente semplice, dal punto di vista pratico si è rivelata molto più ardua del previsto. «Quando 12 anni fa sono entrato in ViaCyte, la sostituzione di cellule tramite cellule staminali pareva ovvia. Dicevamo tutti che senza dubbio questo era il frutto più maturo da cogliere», ricorda Kevin D'Amour, Chief Scientist Officer dell'azienda. «Abbiamo in seguito scoperto che il frutto che credevamo di avere colto era una noce di cocco, non una mela».

Una delle sfide più importanti è stata la conversione di cellule staminali in vere cellule funzionanti del pancreas, specialmente nel caso delle cellule beta che producono l'insulina. Poiché una prima ricetta per ottenere questo risultato si era rivelata elusiva, l'approccio della ViaCyte è stato quello di crescere cellule immature del pancreas, facendo affidamento sul corpo umano per ultimare il processo di trasformazione in vere cellule beta.

Il secondo problema è come evadere il sistema immunitario di un paziente, che attacca qualunque cellula trapiantata. La soluzione escogitata dalla ViaCyte consiste in una capsula in maglia di plastica, che

viene riempita con circa 40 milioni di cellule immature del pancreas, cresciute presso il suo laboratorio di San Diego. Lo scopo della capsula è bloccare le cellule T del sistema immunitario, che sono troppo grandi per passare attraverso la sottile maglia, e permettere alle cellule trapiantate di ricevere il nutrimento dal flusso sanguigno, oltre a rilevare lo zucchero nel sangue e reagire di conseguenza.

Le informazioni riguardo test condotti su animali, fornite l'anno scorso dalla ViaCyte alla Food and Drug Administration degli Stati Uniti per ottenere l'autorizzazione a condurre esperimenti su pazienti umani, dimostrano che le cellule producono insulina, glucagone (secreto in risposta a una carenza di zucchero nel sangue) e somatostatina, un ormone della crescita, regolando efficacemente il livello di zucchero nel sangue, almeno nei topi.

Nonostante l'attuale esperimento su pazienti umani sia pensato principalmente per testare la sicurezza del trattamento, Henry ritiene che i suoi pazienti possano comunque manifestare un calo della necessità di ricorrere a iniezioni di insulina. Prendendo per esempio il primo paziente, la cui identità resta nascosta, Henry sostiene di avere già recuperato una delle sacche di prova che avrebbe funzionato regolarmente fino ad allora. Nessuno può ancora dire quanto tempo sopravvivranno le cellule impiantate, ma è certo che i pazienti necessiterebbero di una periodica sostituzione di questi impianti.

Almeno altri due gruppi sostengono di essere riusciti a controllare il diabete nei roditori e che potrebbero presto dare inizio alla sperimentazione su pazienti umani. Un gruppo è il BetaLogics Venture, un sussidiario del gigante farmaceutico Johnson & Johnson, che l'anno scorso ha dichiarato di avere invertito il diabete nei topi utilizzando quello che i brevetti descrivono come uno *scaffold* filato, protetto da un guscio di poliestere. Qualunque cosa sia, questo dispositivo viene riempito con quelle che la scienziata Alireza Rezania, della Johnson & Johnson, definisce cellule *stage 7*, cioè cellule non completamente mature, ma nemmeno immature quanto i precursori sviluppati dalla ViaCyte.

Douglas Melton, un biologo dell'Università di Harvard, che ha due figli affetti da diabete di tipo 1, teme che il sistema svilup-



Questa capsula biocompatibile è pensata per proteggere cellule del pancreas prodotte in laboratorio. Fotografia: per gentile concessione di Viacyte.

pato dalla ViaCyte possa fallire. Secondo lui, depositi di tessuti fibrotici simili a cicatrici potrebbero formarsi attorno alle capsule, impedendo la corretta ossigenazione delle cellule e bloccando la loro capacità di rilevare lo zucchero e rilasciare insulina. Melton ritiene inoltre che le cellule immature potrebbero richiedere fino a tre mesi per diventare pienamente operative. Molte di queste, peraltro, non diventerebbero cellule beta ma finirebbero per maturare in altre tipologie di cellule del pancreas.

Secondo Melton, «l'inefficienza del sistema significa che la società necessiterebbe di un dispositivo delle dimensioni di un lettore DVD per riuscire a fornire un numero di cellule beta sufficiente a trattare efficacemente il diabete». ViaCyte ritiene che 300 milioni di cellule, pari a circa otto capsule, potrebbero bastare (ciascuna capsula contiene un volume di cellule più piccolo di una grossa caramella). Lo scorso ottobre, il gruppo di Melton ha annunciato di essere riuscito a crescere cellule beta interamente mature e funzionali in laboratorio, un risultato senza precedenti che avrebbe richiesto più di 10 anni di ricerca. Melton ritiene che l'impianto di cellule mature permetterebbe ai pancreas bioartificiali di entrare subito in funzione.

Per incapsulare queste cellule, Melton sta lavorando assieme al bioingegnere Daniel Anderson del MIT. Anderson non ha spiegato esattamente come il suo metodo funzioni, ma un brevetto recentemente depositato dal suo laboratorio descrive un contenitore composto da strati di idrogel, di cui alcuni conterrebbero cellule mentre altri conterrebbero farmaci anti-infiammatori per prevenire il rivestimento delle capsule con tessuti fibrotici. Sia Melton, sia Anderson sono restii a parlare dei loro risultati. «Alcuni primi successi motivano il nostro entusiasmo», conclude Anderson. «Abbiamo ragione di credere che sia possibile utilizzare le cellule di Doug nel nostro dispositivo per curare il diabete negli animali».

Dopo le guerre sulle cellule staminali e un decennio di ricerca per trasformare le promesse della tecnologia in realtà, Henry si dice convinto che le "cellule in capsula" saranno in qualche modo la risposta al diabete di tipo 1. «Sono semplicemente convinto che questo sia il futuro». ■

Brian Alexander è uno scrittore californiano. Il suo ultimo libro è *The Chemistry Between Us: Love, Sex and the Science of Attraction*.

# POTERE, MA NON POTERE

La tecnologia per rendere autonomi i pazienti con lesioni del midollo spinale già esiste, ma il problema è trovare un mercato per poterla diffondere: un esempio eloquente delle difficoltà che devono affrontare i cosiddetti farmaci orfani.

**Brian Bergstein**



**U**na notte del 1982, John Mumford stava di pattuglia su una montagna ghiacciata del Colorado quando il pulmino su cui si trovava insieme ad altri due uomini uscì di strada, rotolando in un dirupo. I due compagni di viaggio rimasero illesi, ma Mumford si fratturò il collo. La parte inferiore del suo corpo rimase paralizzato e, anche se poteva piegare le braccia fino ai gomiti, non riusciva più a impugnare oggetti con le mani.

Quindici anni dopo, ha riattivato la sua mano sinistra grazie a una nuova tecnologia, una neuro-protesi impiantabile chiamata Freehand System. Un chirurgo ha inserito un sensore nella spalla destra di Mumford, impiantato uno stimolatore grande come un pacemaker sulla superficie del torace e collocato dei cavetti nei muscoli del braccio sinistro. All'esterno del corpo di Mumford, un cavo collegava il sensore della spalla a una unità di controllo esterna; un altro cavo partiva dall'unità di controllo e arrivava alla bobina di trasmissione posta sopra lo stimolatore inserito nel torace. Il risultato di questo complesso sistema era che Mumford, muovendo la spalla destra in un modo prestabilito, era in grado di mandare segnali alla sua mano attraverso lo stimolatore e il braccio sinistro. Il congegno non garantiva la perfezione – nonostante lo desiderasse, Mumford non avrebbe potuto ricominciare a giocare a freccette con i suoi amici – ma gli permetteva di tenere in mano le chiavi o una posata. Poteva aprire il frigorifero, prendere un sandwich e mangiare in completa autonomia. Mumford era così entusiasta della tecnologia, che iniziò a lavorare per chi la produceva, un'azienda di Cleveland chiamata NeuroControl, attraversando il paese per illustrare le potenzialità della neuro-protesi Freehand.

Nel 2001, durante una conferenza di lavoro, lo raggiunse una notizia che ancora oggi lo addolora: NeuroControl non avrebbe più prodotto Freehand, ma si sarebbe dedicata a un mercato potenzialmente più grande, quello degli apparecchi per aiutare chi viene colpito da infarto. Poco dopo, NeuroControl si ritirò completamente dal mercato, lasciando sul terreno qualcosa come 26 milioni di dollari di investimenti. All'inizio, Mumford rimase un convinto sostenitore di Freehand, anche se un problema cominciava a preoccuparlo: i cavi esterni lungo il corpo spesso si consumavano o si rompevano quando si intrecciavano con i vestiti. Ogni volta diventava più difficile trovare un fornitore e riconnettere il sistema, finché nel 2010 l'ultimo cavo si consumò e, senza l'assistenza tecnologica di NeuroControl, il sistema si bloccò del tutto. Mumford perse di nuovo l'indipendenza guadagnata con l'uso estensivo di una mano. «Non c'è un giorno in cui non pensi a quello che ho perso», osserva amaramente.

La voce di Mumford si altera quando racconta la sua storia: «Ho un apparecchio impiantato nel mio corpo che viene considerato una delle invenzioni più innovative di questo secolo. L'ultima cosa immaginabile è che l'azienda produttrice fallisca e che non sia neanche più possibile acquistare le parti di ricambio. È una vera follia!».

Si ritiene che almeno 250 persone utilizzino gli apparecchi di NeuroControl e che si trovino tutte nella stessa condizione di Mumford. Questa esperienza ci fa capire quanto sia a rischio qualsiasi sistema medico impiantabile “orfano di mercato”, vale a dire che fa riferimento solo a un piccolo gruppo di utenti. Anche se i progressi nelle interfacce cervello/macchine e negli apparecchi di stimolazione elettrica stanno conseguendo risultati considerevoli



Illustrazione: Brendan Monroe

con persone paralizzate – sia controllando con il pensiero braccia robotiche, sia tentando di riattivare la deambulazione – non c'è nessuna garanzia che le tecnologie vengano commercializzate. La tecnologia può rianimare un arto inerte, il mercato gli può dare il colpo mortale.

### I successi iniziali

I primi sviluppi della tecnologia di Mumford risalgono agli anni Settanta. Il principale inventore, P. Hunter Peckham, un ingegnere biomedico della Case Western Reserve University, a Cleveland, voleva capire se la stimolazione elettrica avrebbe combattuto l'atrofia e ripristinato le funzioni dei muscoli paralizzati. Prima negli animali e poi nelle persone, Peckham e colleghi utilizzarono aghi ipodermici per iniettare dei minuscoli filamenti arrotolati nei muscoli, vicino ai nervi. Con l'invio di leggeri impulsi di corrente iniziarono a stimolare i muscoli, modificandone la struttura. In breve tempo, riuscirono a impiantare i cavi nelle aree deputate e a coordinare i movimenti muscolari, permettendo, tra le altre cose, a una mano di afferrare un oggetto. Infine, grazie a una unità di controllo simile a un joystick, impiantata nella spalla, la tecnologia era pronta ad affrontare il mercato. La prima versione di quello che sarebbe diventato il sistema di Freehand, è stata sperimentata su un paziente nel 1986. Sette anni dopo, Peckham e altri cinque investitori hanno fondato NeuroControl, con tecnologie concesse in licenza dalla Case Western.

Quando, nel 1997, la Food and Drug Administration approvò la tecnologia di Freehand, si trattò di un passaggio epocale. Non era il primo apparecchio bionico commerciale – pacemaker e

impianti cocleari già esistevano – ma era sicuramente l'unico che aiutava i pazienti paralizzati a recuperare in parte l'uso delle mani. In particolare, era il primo che sfruttava la stimolazione elettrica per muovere le articolazioni e ancora oggi è così.

Alcune ricerche indipendenti mostrarono che, anche a un prezzo di circa 60mila dollari (per l'apparecchio e l'intervento chirurgico), Freehand permetteva di risparmiare soldi nel lungo periodo rispetto alle spese da affrontare per l'assistenza medica. Ma anche se la tecnologia era all'avanguardia, rimase racchiusa in un mercato di nicchia.

Negli Stati Uniti ci sono 250mila persone che hanno subito una lesione al midollo spinale, ma Freehand aiutava solo chi era stato colpito in un particolare area, tra la quinta e la sesta vertebra del rachide cervicale, perché questa lesione lasciava la mobilità di spalla e gomito necessaria a sostenere le funzioni “afferra e lascia” di Freehand. Malgrado NeuroControl stimasse un potenziale mercato di oltre 50mila persone negli Stati Uniti, non tutti erano abbastanza in salute da sottoporsi alla operazione chirurgica necessaria a impiantare l'apparecchio e i cavi, o desideravano farlo.

Ancora più importante, il mercato potenziale era ulteriormente ristretto dal fatto che alcune assicurazioni private e Medicare, il programma di assicurazione medica per i più anziani e i disabili gestito dal governo statunitense, non sempre coprivano interamente i costi. Inoltre, le cliniche di riabilitazione e gli ospedali erano già diffidenti rispetto ai nuovi sistemi medici impiantabili per i pazienti e, poiché in questo caso dovevano assumersi anche i costi non coperti dalla procedura, molti centri medici ostacolarono l'adozione della tecnologia più di quanto NeuroControl avesse ipotizzato.

L'azienda fu costretta a bloccare le vendite del prodotto. «Gli investitori si aspettavano che avremmo raggiunto una fetta più ampia della popolazione con lesioni midollari», dice Geoff Thrope, che era il direttore dello sviluppo commerciale di NeuroControl. «Le nostre vendite si fermarono a poche decine di impianti l'anno. Avremmo dovuto arrivare a qualche centinaio, se non migliaia, per andare avanti».

La decisione ancora brucia a Peckham, che allora si dimise dal consiglio di amministrazione di NeuroControl. A suo parere, se NeuroControl avesse avuto più pazienza, avrebbe trovato il modo di trovare il suo spazio di mercato. L'azienda aveva 19 pazienti nel suo programma di sperimentazione clinica in Inghilterra; ancora uno e avrebbe raggiunto i 20 necessari al sistema nazionale inglese di assistenza per intraprendere azioni miranti a coprire i costi di Freehand. Il Department of Veteran Affairs statunitense probabilmente li avrebbe seguiti a ruota, dice Peckham. Il problema fu che gli altri membri del consiglio d'amministrazione – in particolare gli investitori finanziari che sostenevano di non vedere il ritorno economico dell'investimento da loro effettuato – erano impazienti.

«Niente da ridire dal punto di vista legale. Se si sia trattato di un'operazione etica o meno, è altra questione. Immagino che dipenda da quello che s'intende per etica», conclude Peckham.

## Fallimenti e riparazioni

Non sono necessari filmati per vedere Freehand in azione. Nella periferia di Denver, a qualche chilometro da dove vive Mumford, ho incontrato Scott Abram, un contabile del Dipartimento degli Interni. Abram si fratturò il collo nel 1989, all'età di 17 anni, tuffandosi in un fiume poco profondo. Circa dieci anni dopo iniziò a utilizzare Freehand e ancora oggi se ne avvale in alcune situazioni. Quando siamo andati al ristorante, Abram ha ordinato un sandwich al pollo. Grazie a Freehand, riusciva con la mano destra ad avvicinare il sandwich alla bocca e riportarlo nel piatto. Nello stesso istante, un'unità di controllo simile a un cercapersone, posta sul lato sinistro della sua carrozzella, stava facendo quello che ha già fatto per quindici anni: comunicare allo stimolatore nel torace quali fili del braccio destro dovevano venire stimolati elettricamente.

Abram sa perfettamente cosa è successo a Mumford quando ha dovuto sostituire i cavi esterni al suo corpo. Ci è passato anche lui. Con una sostanziale differenza però: diversi anni fa, Abram aveva contattato Kevin Kilgore, uno dei ricercatori che ha prodotto la tecnologia con Peckham, a Cleveland, e Kilgore gli ha fornito i cavi di ricambio.

Quando NeuroControl era in attività, Kilgore rappresentava il punto di riferimento dei pazienti. Con il fallimento di NeuroControl, tutto quanto circondava l'azienda venne meno: non solo l'assistenza tecnica per i clienti, ma il suo sito Web e i contatti telefonici, lasciando nello sconcerto totale medici e pazienti. Kilgore e Peckham sostengono che l'azienda si rifiutò persino di dare loro una lista dei pazienti a cui era stata impiantata la tecnologia. A oggi, non si sa esattamente quanti fossero.

Per Damion Cummins di Monroe, in Louisiana, il fallimento dell'azienda ha avuto conseguenze surreali. Rimasto paralizzato durante una partita di football, Cummins utilizzò Freehand per due anni, ma fu costretto ad abbandonare l'impianto perché i risultati ottenuti non erano soddisfacenti. Bloccare il sistema potrebbe sem-

brare un'operazione apparentemente semplice. Ma Cummins non chiese a nessuno di riavvolgere i cavi esterni nel dispositivo nel suo torace. Con il passare degli anni, però, Cummins si domandò sempre più spesso che fine avrebbe fatto tutta l'apparecchiatura, parte di cui continuava a "sentire" sotto la superficie del suo corpo. «Si disintegrerà, si romperà?», si domandava. «Mi devo preoccupare?». Pensò allora di andare a Shreveport a trovare il chirurgo che gli aveva impiantato Freehand, ma il medico si era trasferito in California. Cummins dice di avere trascorso diversi anni con la sensazione di ospitare un corpo elettrico estraneo dentro di sé, fino a quando finalmente rintracciò il chirurgo e lo chiamò. «Devo estrarre l'impianto?», chiese Cummins. «No, non le dovrebbe creare problemi», fu la risposta.

È doloroso per Kilgore ascoltare la storia della solitudine di Cummins. Circa cinque anni fa Kilgore ha ricevuto una donazione di 75 mila dollari dai Paralyzed Veterans of America, un'organizzazione senza scopo di lucro, per seguire nel lungo periodo pazienti con impianti di stimolazione elettrica. Kilgore ha speso buona parte del denaro per fare incetta di quanto era rimasto di NeuroControl: cavi, stimolatori, controllers, batterie e altri dispositivi che un'azienda dell'Ohio aveva acquistato e teneva in magazzino. Con i pezzi di ricambio a disposizione, Kilgore iniziò a contattare i pazienti con Freehand, qualche decina in Ohio, e creò un gruppo on-line nella speranza di trovarne altri.

Nel 2009, Kilgore e colleghi avevano rintracciato 65 pazienti che conservavano Freehand impiantato e che, per oltre la metà, stavano ancora utilizzando il sistema. Oggi, le sue risorse sono sufficienti a garantire assistenza ai pazienti solo per pochi anni. Ma il problema vero, dice Kilgore, è trovare qualcosa di meglio.

A circa 30 anni dalla creazione di Freehand, il gruppo della Case Western ha migliorato sensibilmente la tecnologia. Tra le altre cose, ha reso l'unità di controllo abbastanza piccola da venire impiantata nel corpo, eliminando il problema dei cavi esterni.

L'apparecchio è in grado di fare più che ripristinare la sola capacità di afferrare oggetti. Può essere messo in rete per inviare stimoli elettrici a molti altri muscoli, per muovere la parte superiore del corpo o per controllare vescica e intestini. I ricercatori sono riusciti a mettere in piedi alcuni pazienti paralizzati, consentendogli di muovere alcuni passi con l'aiuto di un camminatore.

In ogni caso, il nodo economico di fondo persiste. Senza un'azienda che commercializza su larga scala il prodotto, il numero di potenziali acquirenti è limitato alle persone che vivono a Cleveland o possono in qualche modo arrivarci. Inoltre, se non si tratta di un prodotto commerciale, le compagnie assicurative non coprono i costi dell'apparecchio. Ciò significa che i ricercatori si devono affidare alle donazioni per diffondere la tecnologia tra i pazienti. «Con le donazioni posso fare 5 impianti all'anno, ma io ricevo almeno 100 telefonate di richieste», spiega Kilgore. Anche centinaia di pazienti all'anno non sarebbero un mercato sufficiente ad attirare l'attenzione degli investitori, ma Kilgore e Peckham sembrano avere un asso nella manica.

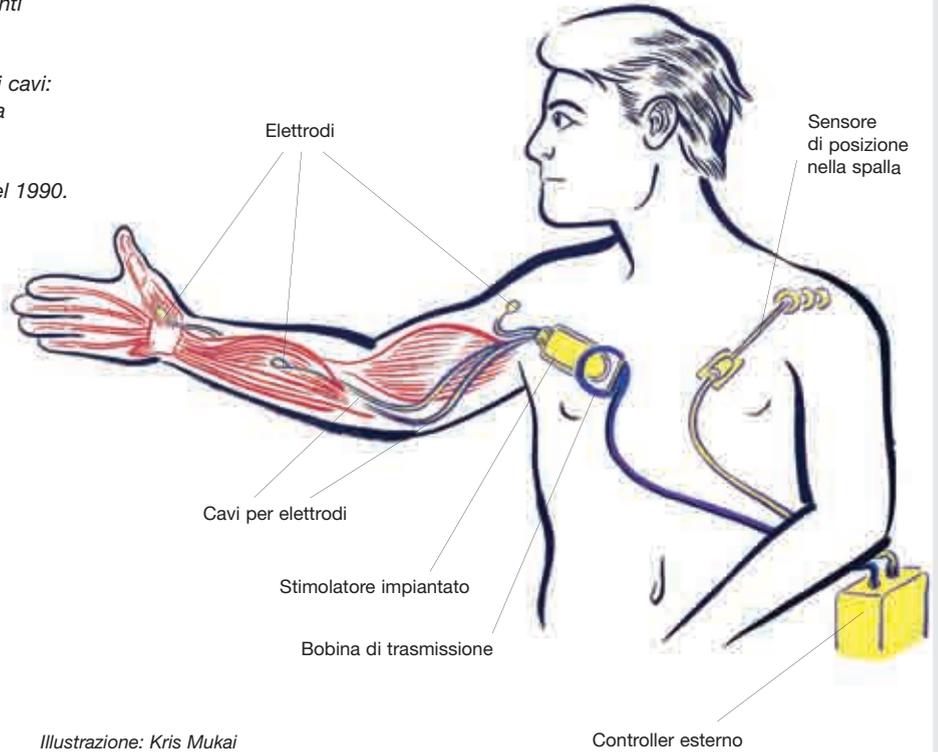
## Come allargare l'utenza

Kilgore e Peckham sono convinti che, per evitare il ripetersi del fiasco di NeuroControl con altre tecnologie impiantabili, sia necessaria una stretta collaborazione tra il settore non profit e quello profit. Hanno pensato, quindi, al versante non profit con

*I componenti di Freehand installati nei pazienti hanno prestazioni superiori a quelli posti all'esterno del corpo.*

*L'illustrazione accanto mostra il percorso dei cavi: dalla spalla all'unità di controllo e alla bobina di trasmissione.*

*In basso, Mumford e la sua mano sinistra in un video promozionale di Neurocontrol del 1990.*



*Illustrazione: Kris Mukai*

L'Institute for Functional Restoration, all'interno della Case Western. L'obiettivo è di facilitare il percorso di approvazione legale del prodotto, per commercializzare successivamente il prodotto stesso o concederlo in licenza alle aziende private. In questo modo, anche se un'azienda fallisse, l'organizzazione senza scopo di lucro – finanziata principalmente da fondazioni private – potrebbe continuare a seguire i pazienti.

La prima tecnologia di cui si occuperà l'Institute for Functional Restoration sarà l'apparecchio in rete ispirato a Freehand. L'organizzazione ha i fondi sufficienti a cominciare le sperimentazioni cliniche e a produrre i primi apparecchi. Ha anche una lista d'attesa di potenziali pazienti. Ma non ha stretto alcuno accordo con aziende for-profit, che ancora avanzano dubbi sul ritorno economico del loro investimento.

In teoria, i partner potrebbero essere più di uno. Il giro d'affari della neuro-stimolazione è in espansione, specialmente a Cleveland, grazie alla serie di brevetti della Case Western, della Cleveland Clinic e di altri centri clinici locali. Numerose aziende hanno al loro interno ex dipendenti di NeuroControl, tra cui Thrope, che ora è a capo di NDI, un'azienda per investire in neuro-tecnologie. Thrope sostiene che la collaborazione con un'organizzazione senza scopo di lucro sarebbe vantaggiosa per chi non vuole affrontare i rischi legati alle lunghe procedure di sperimentazione e di approvazione legale. Se l'organizzazione non-profit si occupasse di questi aspetti, il modello di Kilgore e Peckham «avrebbe un valore assoluto», afferma Thrope.

Ma anche in questo caso, aggiunge prontamente Thrope, sono poche le aziende interessate a vendere prodotti con un

modesto gruppo di possibili acquirenti. Invece, precisa, gli investitori come lui vedrebbero di buon occhio l'eventualità di commercializzare tecnologie multi-uso, vale a dire in grado di agire su più fronti allo stesso tempo. Thrope porta a esempio Second Sight, il produttore di impianti commerciali di protesi retinica dal costo di 140mila dollari, che aiutano a riacquistare la vista a persone colpite da una forma ereditaria di cecità. Il mercato potenziale è abbastanza grande – forse 1,5 milioni di persone nel mondo e 100mila negli Stati Uniti – ma anche in questo caso Second Sight sta cercando di allargare la platea di pazienti intervenendo su altre forme di cecità. Thrope dice che la sua azienda, fondata nel 2002, non investe quasi mai in una neuro-tecnologia fino a quando non ha superato lo stadio iniziale ed è in grado di intervenire su due o tre patologie differenti: «Una logica opposta a quella che ha ispirato l'azione di NeuroControl».

Ma torniamo alle prospettive di Damion Cummins. Egli ricorda di essersi sottoposto a una serie di interventi per impiantare Freehand perché qualunque tecnologia avesse potuto migliorare anche di poco la sua vita quotidiana, avrebbe valso il sacrificio sostenuto. Cummins aveva anche preso in considerazione l'ipotesi che la tecnologia potesse non funzionare, ma, quando gli ho chiesto se avrebbe ugualmente accettato di impiantare l'apparecchio se avesse saputo che NeuroControl avrebbe potuto fallire, mi ha risposto: «Se lo avessi saputo, non avrei mai accettato». ■

*Brian Bergstein è vicedirettore di MIT Technology Review USA.*

## Allenare il cervello

Un progetto innovativo contro l'invecchiamento cerebrale, la perdita cognitiva, le demenze e l'Alzheimer ha dato significativi miglioramenti nell'80 per cento dei soggetti trattati.

Giovanni Anzidei

**L**a medicina negli ultimi decenni ha fatto formidabili progressi e ci ha resi più longevi. Purtroppo non sono stati fatti altrettanti progressi nel campo degli studi sul cervello, per cui si rischia nei prossimi decenni di andare verso una popolazione di longevi, molti dei quali affetti da deficit cognitivi.

Nell'opinione pubblica è molto diffusa l'idea che contro una malattia del cervello non ci sia nulla da fare e ciò porta le persone a nascondere patologie come la demenza e l'Alzheimer. Questo è un errore gravissimo. Ricordiamo le parole del Cardinale Martini: «Non nascondere le malattie mentali, controllarle, capirle, considerarle malattie come tutte le altre, non isolare la malattia perché così si isola il malato. Dare voce e parola alla malattia». Sono parole che si accompagnano a quelle di Gabriel Garcia Marquez: «Ai vecchi la morte non arriva con l'età, ma con la solitudine». Fortunatamente la situazione sta cambiando e anche per le patologie cerebrali c'è la possibilità di prevenzione e di diagnosi precoce, che consente di individuare i soggetti a rischio con quattro o cinque anni di anticipo. E in molti casi si può intervenire per contenere il danno e ritardare la malattia.

L'Alzheimer è una patologia che inizia 15/20 anni prima che appaiano i sintomi e in questi anni distrugge silenziosamente miliardi di neuroni, mentre con una diagnosi precoce si può intervenire per tempo. La prevenzione si fa attraverso controlli medici, corretti stili di vita, facendo esercizio fisico, svolgendo attività che tengono la mente impegnata, mantenendo relazioni con altre persone, evitando l'isolamento, seguendo una corretta alimentazione.

Il maggiore fattore di rischio resta comunque l'età. L'Italia è particolarmente interessata, avendo una delle popolazioni più vecchie al mondo assieme con il Giappone e la Corea. Quando il cervello invecchia va controllato come ogni altro organo, esattamente come siamo abituati a fare

andando dal cardiologo, dall'oculista o dall'ortopedico. Uno dei metodi per ritardare il decadimento cognitivo è fare esercizio, allenare il cervello, proprio come si fa andando in palestra a fare ginnastica. Con la ginnastica i muscoli restano funzionali più a lungo e si ritarda il decadimento. La stessa cosa accade per il cervello.

L'allenamento del cervello, denominato "Train the Brain", è stato studiato e realizzato con successo dal neurofisiologo Lamberto Maffei, Presidente dell'Accademia dei Lincei, con l'Istituto di Neuroscienze del Consiglio Nazionale delle Ricerche e l'Università di Pisa. Il protocollo, realizzato per la prevenzione e il trattamento di forme neurodegenerative nei pazienti a rischio, quelli con i primi lievi deficit cognitivi, in quattro anni di sperimentazione ha dato risultati molto positivi. I pazienti sono stati selezionati da un gruppo di circa 1.000 individui segnalati dai medici di base. Di questi 400 sono risultati con lieve deficit cognitivo e sottoposti a ulteriori accertamenti con esami clinici cardiocircolatori, risonanza strutturale del cervello, esami del sangue, test della capacità olfattiva. Al termine degli accertamenti clinici 160 sono stati individuati come soggetti a rischio e suddivisi in due gruppi di cui 80 sottoposti al trattamento e 80 collocati nel gruppo di controllo. I pazienti che hanno seguito il trattamento sono andati nel centro a giorni alterni tre volte a settimana suddivisi in gruppi di 10 alla volta, e hanno svolto attività per tre ore al giorno. Due ore di stimolazione cognitiva e un'ora di esercizio fisico.

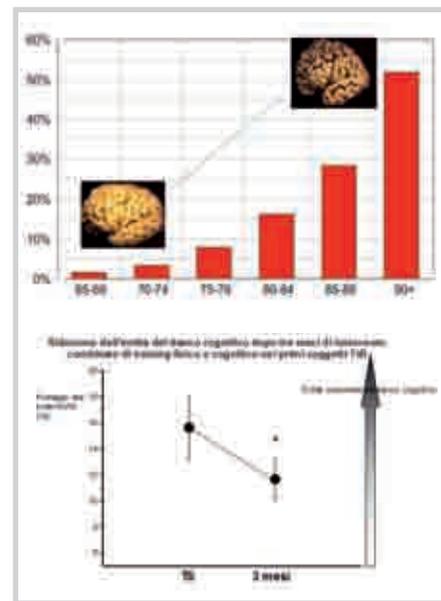
«L'80 per cento dei pazienti che hanno partecipato», spiega il prof. Maffei, «mostra un significativo miglioramento cognitivo; del restante 20 per cento la stragrande maggioranza è rimasta stabile. I soggetti del gruppo di controllo, non sottoposti al trattamento, presentano invece, nello stesso arco di tempo, un peggioramento rilevante. La prosecuzione del progetto rappresenta una grande speranza sia

perché, ritardando la patologia, consente di prolungare nei soggetti a rischio la vita attiva e autosufficiente, sia perché può alleggerire l'enorme crescente peso sociale, sanitario ed economico, delle malattie cerebrali degenerative. Tra queste l'Alzheimer, che colpisce oggi 44 milioni di persone al mondo, 1,2 milioni in Italia. Si prevede che i malati raddoppieranno nei prossimi 20 anni e ogni anno si registrano 7,7 milioni di nuovi casi, uno ogni quattro secondi.

Il costo di un singolo malato supera i 120mila euro l'anno tra costi diretti (farmaci, analisi, risonanze, ricoveri e assistenza) e indiretti (familiari e malati costretti a lasciare il lavoro). Su 1,2 milioni di malati, il costo in Italia è di 144 miliardi l'anno.

Per fronteggiare questa grave patologia i maggiori paesi del mondo hanno organizzato a Londra nel 2013 il G8 delle demenze, che ha raccomandato ai Governi di potenziare le attività di ricerca e prevenzione «per anticipare la patologia, individuando i soggetti a rischio prima che il corredo neuronale sia compromesso». È proprio questo lo scopo del protocollo "Allenare il Cervello", che rientra nelle strategie dell'Unione Europea contro l'Ageing Society. La Fondazione IGEA onlus (info@fondazioneigea.it) ha realizzato un centro a Roma per un programma di prevenzione con test gratuiti. ■

Giovanni Anzidei è capo ufficio stampa dell'Accademia dei Lincei.



# Nuovi organi in 3D

Con la stampa 3D la ricerca sta compiendo impressionanti passi in avanti nella produzione di tessuti viventi, in vista del trapianto di organi stampati.

Julia Sklar

In questo istante, più di 120mila persone negli Stati Uniti necessitano di un trapianto di organi per sopravvivere e il numero di donatori è assai inferiore. Nel mese di gennaio, per esempio, sono stati eseguiti appena 2.577 trapianti.

Questo è uno dei motivi per cui gli scienziati stanno esplorando l'ipotesi di ricorrere alla stampa 3D o a tecnologie simili per produrre organi in pochi giorni. Non solo una capacità simile ridurrebbe il divario fra domanda e risorse, ma eliminerebbe la necessità di identificare dei donatori. Se poi gli organi venissero creati sulla base delle cellule del paziente, i rischi di un rigetto verrebbero ridotti drasticamente.

Gli scienziati non sono vicini a raggiungere questo traguardo, ma stanno avanzando nella direzione giusta, stampando modelli accurati delle forme degli organi e realizzando passaggi per permettere al sangue di scorrere adeguatamente.

## I bio-inchiostri

La ricerca nel campo degli organi stampabili ricade nel campo più ampio della bio-

stampa: la stampa di qualunque struttura vivente composta da cellule. Il livello più semplice nella progettazione di un organo è caratterizzato dal sottilissimo tessuto stampato che serve da struttura di supporto (lo *scaffold*), il modello di un organo che non è ancora in grado di funzionare autonomamente, ma che è già qualcosa in più rispetto a una replica in plastica.

Nei primi anni gli *scaffolds* stampati erano composti da materiale sintetico e le cellule viventi venivano applicate in seguito. Dopo il 2000, però, il direttore del Wake Forest Institute for Regenerative Medicine, Anthony Atala, ha contribuito al miglioramento di questo processo sviluppando una stampante 3D in grado di depositare rapidamente strati di tessuto sul modello sintetico e gommoso.

Con l'avanzare della ricerca nel campo della bio-stampa, la principale sfida non consiste più nella semplice creazione di strutture simili a organi, bensì nel mantenerle in vita.

Le cellule vengono incorporate nei bio-inchiostri che vengono stampati strato

dopo strato per creare un raggruppamento di tessuti viventi, esattamente come una cartuccia d'inchiostro in una tradizionale stampante. Solo le cellule stampate negli strati più esterni di questo tessuto, però, riescono ad accedere liberamente all'ossigeno ed espellere scorie, riproducendo processi vitali per la sopravvivenza di una cellula. Le cellule negli strati più interni soffocano e muoiono.

La soluzione consiste nello stampare non solo lo *scaffold*, ma anche il sistema vascolare del tessuto, cioè il sistema di passaggi sempre più piccoli che permettono di raggiungere gli strati più interni di cellule per trasportare sangue e ossigeno, rimuovendo le scorie.

## Progressi incrementali

Nel 2014, Jennifer Lewis, una professoressa di ingegneria biologica dell'Università di Harvard, ha cominciato a stampare sistemi vascolari in laboratorio. Per il momento, lo scopo principale della ricerca è l'utilizzo di tessuti stampati in 3D e dotati di vasi sanguigni per testare possibili farmaci con cui trattare la tossicità chimica nei tessuti viventi.

Nella speranza di avanzare ulteriormente verso la stampa di un organo interamente funzionante, la Lewis sta lavorando alla stampa di piccole regioni di organi. In questo momento, sta sviluppando nefroni, le minuscole unità che, fra i tanti processi vitali, formano un rene e che permettono all'organo di rimuovere le scorie dal corpo e filtrare il sangue. Prima di riuscire a stampare un rene, la Lewis dovrà scoprire come stampare un singolo nefrone. «Nella migliore delle ipotesi si tratterà comunque di un milionesimo di rene», avverte. «È questa la scala del progresso di questo campo».

«Personalmente, ritengo che la stampa di organi equivalga oggi al lancio di un razzo sulla Luna», conclude la Lewis. «Dovremmo senza dubbio mirare a quel traguardo, ma siamo ancora assai lontani dal raggiungerlo. Davvero molto lontani».

In conclusione, ci vorranno decenni prima che un organo sintetico e stampato possa venire trapiantato in un essere umano. ■

Julia Sklar è collaboratrice di MIT Technology Review USA.



Illustrazione: JooHee Yoon.

## La tecnologia per il cibo

Crescono le prospettive di una nuova economia alimentare più competitiva e innovativa.

Nanette Byrnes

**P**er anni, le tecnologie alimentari più importanti erano incentrate sulle dimensioni. Come nutrire una popolazione in rapido aumento mantenendo bassi i costi? Rendendo tutto più grande: il cibo coltivato in fattorie sempre più estese veniva venduto da colossi alimentari mondiali a gigantesche catene di negozi alimentari.

Molte delle odierne tecnologie alimentari sembrano dirigersi nella direzione opposta, verso metodi e prodotti che siano economici per piccole fattorie oltre che per quelle di dimensioni industriali. Ciò, però, non significa la fine delle grandi produzioni di cibo: vista la crescita demografica mondiale, che entro il 2050 dovrebbe raggiungere i 9,6 miliardi, l'agricoltura e la produzione di cibo dovranno ugualmente raggiungere una scala massiccia, ricorrendo all'aiuto della tecnologia e della ricerca innovativa. Ciononostante, diverse tecnologie in evoluzione, fra cui sensori più economici, dispositivi mobili e dati analizzati hanno consentito a diverse imprese alimentari, rivenditori e produttori di ridurre costi e competere in diversi mercati specialistici.

Potremmo presto assistere alla diffusione di una nuova economia alimentare, che rifletta una maggiore competizione e innovazione, fornisca opportunità a un maggiore numero di investitori e sia più dinamica e reattiva rispetto al modello industriale che ha dominato gli ultimi decenni.

Fra il gennaio 2013 e il dicembre 2014 sono stati avviati 47 fondi con il fine di investire nell'alimentazione e nell'agricoltura, come descritto dalla pubblicazione on-line "Food Tech Connect". Stando alla CB Insights, gli investimenti nelle start-up che sviluppano tecnologie per l'alimentare sono cresciuti fino a superare 1 miliardo di dollari nel 2014: un aumento notevole se si considerano i 288 milioni di dollari del 2013. Uno dei punti di interesse di Google Ventures e di altri finanziatori della Silicon Valley riguarda società che sviluppano approcci creativi alla produzione di nuovi alimenti quali sostituti vegetali delle carni, barrette proteiche in fari-

na di grillo e altri prodotti mirati a piccoli, ma importanti gruppi di consumatori.

Anche le normative stanno promuovendo alcune di queste innovazioni. A Vevey, in Svizzera, Nestlé, la più grande società alimentare al mondo, sta utilizzando una tecnica per illudere il palato affinché trovi deliziosi prodotti con il 10 per cento in meno di zucchero e sale. Diversi programmi finanziati dall'Unione Europea stanno ricorrendo alla ricerca genetica e molecolare per identificare nuovi metodi di certificazione degli alimenti.

Nelle fattorie, software e analisi dei dati potrebbero migliorare il rendimento di raccolti di ogni genere e dimensione. Oggi, qualunque trattore, seminatore e concimatore della John Deere è progettato per comunicare via Wi-Fi le informazioni sulla posizione, sulla semina e altro ancora. Combinando queste informazioni con i dati generati dai sensori del terreno e dai riscontri idrici, gli agricoltori potrebbero trovare nuovi sistemi per utilizzare più efficacemente acqua e concime, riducendo i costi al punto da potersi permettere ampiamente gli investimenti nelle tecnologie, mantenendo o persino migliorando i raccolti.

I piccoli allevatori sono stati alcuni fra i primi sostenitori della Vital Herd, una tecnologia in fase di collaudo, che misura e trasmette ogni 15 minuti le misurazioni sullo stato di salute dei bovini: battito cardiaco, respiro, temperatura e frequenza della masticazione. Tutti questi valori sono rilevati da una pillola ingerita dalla mucca. Oggi, la salute di una mandria viene monitorata per osservazione diretta, ma con questo nuovo flusso di dati si potrebbe identificare più facilmente un animale malato prima che la malattia si diffonda, riducendo così l'utilizzo di antibiotici. La Henden Manor Estates del Kent, a sud est di Londra, possiede 500 mucche da latte oltre a diverse Holstein Friesians, ed è una sostenitrice di questa tecnologia. Il proprietario, Roni Lovegrove sostiene che «se verrà sviluppata in maniera adeguata, questa tecnologia avrà un effetto trasformativo».

Nuove tecnologie sono attualmente in fase di collaudo anche in parti della catena alimentare che sono più vicine alle nostre cucine. Costituiscono la base di siti quali Plated, HelloFresh e Blue Apron, che offrono ricette e consegna a domicilio dei vari prodotti. Questi siti sono in competizione con i giganti dei supermercati e stanno cercando di costringerli a rivedere il modo in cui vendono il cibo. ■

*Nanette Byrnes è responsabile dell'area affari di MIT Technology Review USA.*



Illustrazione: Golden Cosmos.

# Patate geneticamente modificate

Gli scienziati delle piante possono rapidamente modificare i raccolti che le normali tecniche di selezione impiegherebbero anni a perfezionare.

**Antonio Regalado**

**D**an Voytas è un genetista delle piante presso l'Università del Minnesota. Due giorni la settimana, però, smette di studiare le basi dell'ingegneria genetica per recarsi presso una società di nome Collectis Plant Sciences, dove mette in pratica i suoi studi.

La sua ultima creazione, descritta recentemente in una rivista scientifica dedicata alle piante, è una patata Ranger Russet che non accumula zuccheri dolci alle solite temperature di conservazione. Questa caratteristica le permette di venire conservata più a lungo e, quando verrà fritta, non produrrà l'usuale quantità di acrilamide, che si sospetta sia cancerogena.

La peculiarità di questa patata è che è stata creata ricorrendo all'editing del genoma, una nuova tecnica di alterazione del DNA che secondo gli scienziati risulterà rivoluzionaria per la sua semplicità ed efficacia. Questa stessa tecnologia potrebbe persino evitare il dissenso e le normative cui sono solitamente sottoposti gli organismi geneticamente modificati (OGM).

Nel caso della Ranger Russet, la tecnica di editing del genoma adoperata da Voytas, conosciuta come TALENs, non ha lasciato alcuna traccia salvo alcune lettere di DNA cancellate. La modifica ha disabilitato un singolo gene che converte il saccarosio in glucosio e fruttosio. In sua assenza, secondo Voytas, le patate potrebbero venire conservate più a lungo senza perdere in qualità.

Questa patata è un prototipo di quella che gli scienziati sostengono essere la prossima generazione di piante geneticamente

modificate. Ricorrendo all'editing del genoma, piccole aziende pensano di riuscire a sviluppare rapidamente nuovi raccolti a costi assai più bassi di quelli attualmente necessari per le specie che a oggi sono state pressoché trascurate dalla biotecnologia, come avocado, fiori decorativi e songina.

La massima parte dei raccolti geneticamente modificati che sono stati coltivati finora su scala commerciale, incorpora geni derivati da batteri grazie a cui producono insetticidi o resistono agli erbicidi. L'opposizione pubblica e i requisiti normativi rendono caro lo sviluppo di queste piante transgeniche. È per questo motivo che quasi tutte le piante biotech sono costituite da grandi e remunerativi raccolti, quali soia, mais e codone, e vengono venduti da poche grandi società, quali Monsanto e DuPont.

Lo scorso agosto, il Dipartimento per l'Agricoltura degli Stati Uniti aveva comunicato alla Collectis che, a differenza delle piante transgeniche, la sua patata non sarebbe stata soggetta a norme. Ciò significa che, invece di venire coltivata in raccolti



Dan Voytas.

sperimentali e generare cartelle di dati, la Ranger Russet potrebbe presto entrare in commercio. Due anni fa, l'azienda era giunta a una conclusione simile dopo avere esaminato una pianta di mais con DNA modificato, che era stata sviluppata dalla Dow AgroSciences, anche se questa pianta non è ancora in vendita. ■

*Antonio Regalado è responsabile del settore biomedicale di MIT Technology Review USA.*

Nell'immagine sono visibili alcune piante di patate sulle quali la Collectis sta conducendo promettenti esperimenti di ingegneria genetica. *Fotografia: per gentile concessione di Collectis.*



## Tante più cellule

Quante tipologie di cellule esistono all'interno del corpo umano? La ricerca ne sta accrescendo continuamente il numero.

Courtney Humphries

**P**ezzo dopo pezzo, un nuovo e più dettagliato catalogo delle tipologie di cellule sta emergendo da laboratori come quello di Aviv Regev presso il Broad Institute di Cambridge, nel Massachusetts, che sta applicando recenti sviluppi nella genomica delle cellule per studiare singole cellule a una velocità e una profondità precedentemente impensabili.

La tecnologia applicata nel laboratorio utilizza sistemi fluidici con cui separare le cellule sopra microscopici nastri trasportatori per poi sottoporle a una dettagliata analisi genetica a un ritmo di un migliaio di cellule al giorno. Gli scienziati prevedono che tecnologie simili troveranno posto all'interno di applicazioni mediche in cui piccole differenze fra le cellule hanno grandi conseguenze, come gli screen farmacologici sulle cellule, la ricerca sulle cellule staminali e gli studi di base sullo sviluppo dei tessuti.

La Regev precisa di avere utilizzato questi nuovi metodi per classificare le cellule della retina dei topi e quelle dei tumori cerebrali umani, dove ha trovato tipologie di cellule mai viste prima: «Non sappiamo veramente di cosa siamo fatti».

Altri laboratori sono in gara per rendere produttive le proprie metodologie di analisi e migliorare la tecnologia sottostante. Questa settimana, un gruppo guidato da Stephen Quake dell'Università di Stanford ha reso pubblica una indagine su 466 cellule cerebrali individuali, definendola «un primo passo» verso un atlante comprensivo delle cellule presenti nel cervello umano.

Spiegano gli scienziati che indagini simili sono diventate possibili solo negli ultimi tempi. «Qualche anno fa la sfida era quella di ottenere qualunque dato utile dalle singole cellule», dice Sten Linnarsson, biologo specializzato nell'analisi cellulare presso il Karolinska Institute di Stoccolma, in Svezia. A marzo, il gruppo di Linnarsson ha utilizzato le nuove tecniche per mappare diverse migliaia di cellule nel cervello di un topo riuscendo a identificare 47 tipologie, fra cui alcuni sottogeneri mai registrati prima.

Storicamente, il modo migliore per studiare una singola cellula consisteva nell'osservarla al microscopio. Negli ospedali specializzati nelle malattie oncologiche, questo metodo viene tutt'ora utilizzato dai patologi per decidere se le cellule siano o non siano cancerose: le cellule vengono colorate con degli inchiostri, alcuni dei quali introdotti all'inizio del Novecento, per venire valutate in base al posizionamento e all'aspetto. I metodi attuali permettono di distinguere circa 300 tipologie differenti, spiega Richard Conroy, un responsabile di ricerca del National Institute of Health.

La nuova tecnologia funziona invece catalogando molecole di RNA messaggero all'interno di una cellula. I messaggi sono il materiale genetico che il nucleo invia per produrre proteine. Il metodo di Linnarsson consiste nell'assegnare un "codice a barre" molecolare unico a ciascuna molecola di RNA di ogni cellula. Il risultato è un profilo di espressione genica che corrisponde a un'impronta digitale per le cellule e ne riflette l'attività molecolare piuttosto che l'aspetto.

«In precedenza, le cellule venivano definite con uno o due indicatori», spiega Linnarsson. «Ora possiamo descrivere per intero i geni espressi in quelle cellule».

Nonostante i ricercatori abbiano stabilito già da qualche anno come sequenziare accuratamente l'RNA di una singola cellula, solo le ultime innovazioni nella chimica e nella microfluidica hanno permesso di raccogliere gli elementi necessari. Una azienda californiana, la Cellular Research, ha dimostrato quest'anno come sia possibile ordinare le cellule in micro-pozzi e misurare l'RNA di 3mila cellule separate alla volta, a pochi centesimi per cellula.

Gli scienziati ritengono che nuovi metodi di analisi delle singole cellule potrebbero stravolgere le attuali convinzioni scientifiche in proposito. I precedenti studi di espressione genica erano basati su campioni di tessuto o sangue contenenti migliaia o addirittura milioni di cellule. Lo studio di

miscela così ricche portava a misurazioni imprecise, precisa Eric Lander, capo del Broad Institute.

«La genomica delle singole cellule ha preso piede in maniera incredibile negli ultimi 18 mesi», ha dichiarato Lander a un pubblico di esperti invitati al National Institutes of Health. «Quando ci si rende conto di essere pronti ad analizzare le singole cellule, come ci si potrebbe accontentare di un frullato? Esaminare la genomica di un frullato è pura follia».

Lander, uno dei leader dello Human Genome Project, sostiene che potrebbe essere giunto il momento di convertire progetti pilota come quello della Regev in uno sforzo più ampio verso la creazione di un atlante definitivo, in grado di catalogare tutte le tipologie di cellule in base all'attività dei geni e al loro monitoraggio dall'embrione alla maggiore età.

«È un po' presto per promuovere un progetto nazionale o internazionale, ma credo che l'idea stia già circolando», ha detto Lander in un'intervista telefonica. ■

*Courtney Humphries è collaboratrice di MIT Technology Review USA su argomenti di biologia e medicina.*

Un dispositivo microfluidico (al centro) è in grado di realizzare esperimenti su cellule individuali.

Fotografia: per gentile concessione di Fluidigm.



MIT Technology Review Italia  
è una *media company*.

È il polo Italiano di una rete internazionale:  
Stati Uniti, Germania, Spagna, Cina, e altri 14 paesi.

È un osservatorio unico  
su Ricerca, Tecnologia e Imprenditorialità innovativa nel mondo.

Ha una *audience* attiva  
di imprenditori, ricercatori, studenti, operatori dell'innovazione.



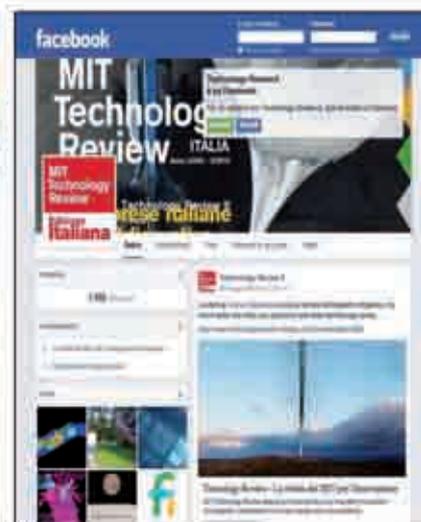
### Quotidiano on-line



### Rivista bimestrale



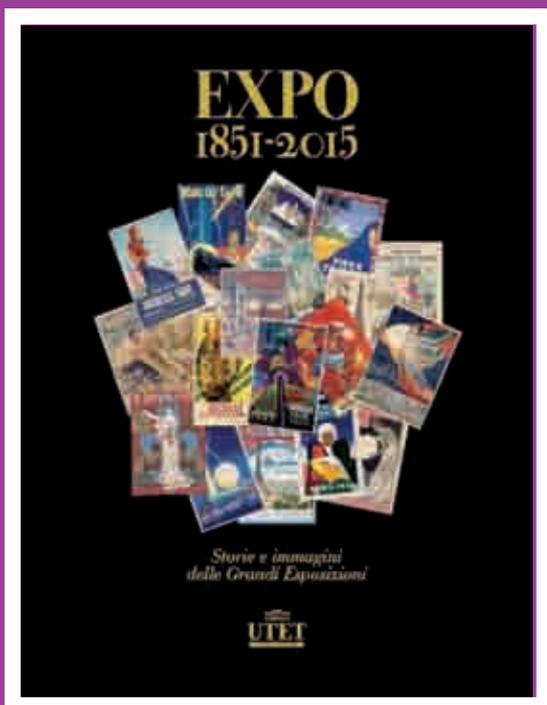
### Pagina Facebook



# MIT Technology Review ITALIA

Anno XXVII - 4/2015

[www.technologyreview.it](http://www.technologyreview.it)



C'è il reale e c'è il virtuale. Ma c'è anche un reale virtuale e un virtuale reale.

Anzi, se le categorie di reale e virtuale perdono di reciproca consistenza nei labirinti della rete, le categorie del reale virtuale e del virtuale reale manifestano indubbe virtù progettuali, soprattutto in occasione delle Grandi Esposizioni, come quella in corso a Milano.

Lo testimonia un elegante volume della UTET, curato da Alberto Abruzzese e Luca Massidda, a partire dalla Esposizione Universale di Londra 1851, al cui centro sorgeva il rutilante Crystal Palace.

Le Grandi Esposizioni, infatti, si basano sulla compresenza di tante realtà virtuali, perché fuori contesto, che possono rendere reale un progetto virtuale, proiettato nello spazio e nel tempo, come l'albero luminoso dell'EXPO di Milano.