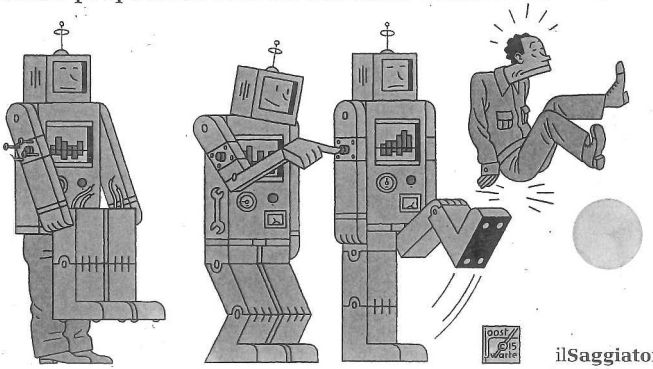
Martin Ford

ilSaggiatore

Il futuro senza lavoro

Accelerazione tecnologica e macchine intelligenti

Come prepararsi alla rivoluzione economica in arrivo



DI MILANO

ilSaggiatore

3. Le tecnologie dell'informazione: una forza rivoluzionaria senza precedenti

Immaginate di versare un centesimo in un conto bancario. Ora raddoppiate il saldo ogni giorno. Il terzo giorno passerete da 2 a 4 centesimi. Il quinto giorno il vostro saldo salirà da 8 a 16 centesimi. Dopo meno di un mese avrete più di un milione di euro. Se avessimo versato quel primo centesimo nel 1949, proprio mentre Norbert Wiener scriveva il suo saggio sul futuro della computazione, e in seguito avessimo lasciato che la legge di Moore seguisse il suo corso, raddoppiando la quantità di denaro all'incirca ogni due anni, entro il 2015 nel nostro «conto tecnologico» avremmo avuto circa 86 milioni di euro. E il saldo continuerà a raddoppiare. Le innovazioni del futuro potranno sfruttare l'enorme saldo accumulato, e di conseguenza nei prossimi anni e decenni i ritmi del progresso, probabilmente, supereranno di gran lunga quelli a cui eravamo abituati in passato.

La legge di Moore è la misura più nota dei progressi della potenza di calcolo, ma le tecnologie dell'informazione stanno di fatto accelerando su molti fronti diversi. Sia la capacità di memoria dei computer sia la quantità di informazioni digitali trasmissibili attraverso i cavi in fibra ottica, per esempio, hanno costantemente registrato incrementi esponenziali. E l'accelerazione non si limita all'hardware: l'efficienza di alcuni algoritmi software è aumentata a un ritmo di parecchio superiore a quello che la sola legge di Moore avrebbe previsto.

Se è vero che questa accelerazione esponenziale offre preziose indicazioni sui progressi dell'It in periodi di tempo relativamente lunghi, la realtà di breve termine è più complessa. In generale il progresso non è sempre fluido e co-

stante; piuttosto, spesso compie un balzo in avanti e poi fa una pausa, mentre le organizzazioni assimilano le nuove capacità e vengono gettate le basi per il successivo periodo di rapidi avanzamenti. Esistono anche interdipendenze e intricati cicli di retroazione, tra i diversi ambiti della tecnologia. I progressi raggiunti in un ambito possono provocare un'improvvisa impennata di innovazione in un'altra. Continuando ad avanzare, le tecnologie dell'informazione insinuano i loro tentacoli sempre più in profondità nelle organizzazioni e nella realtà economica, spesso trasformando il modo di lavorare delle persone in maniera tale da produrre ulteriori avanzamenti. Pensiamo per esempio a come l'ascesa di Internet e di complessi software collaborativi abbia reso possibile l'esternalizzazione dello sviluppo software; ciò ha reso disponibile una popolazione di programmatori qualificati molto più vasta, e tutti questi nuovi talenti stanno contribuendo a favorire ulteriori progressi.

Accelerazione contro ristagno

Mentre le tecnologie informatiche e comunicative progrediscono nella loro marcia esponenziale in corso da decenni, l'innovazione in altre aree avviene perlopiù in modo graduale. Fra gli esempi troviamo il design di base di automobili, case, aeromobili, elettrodomestici e in generale le nostre infrastrutture per il trasporto e l'energia; nessuna di queste cose è cambiata significativamente dalla metà del XX secolo. La nota osservazione del cofondatore di PayPal Peter Thiel – «Ci avevano promesso automobili volanti, invece abbiamo ottenuto 140 caratteri» – coglie le sensazioni di una generazione che si aspettava che il futuro fosse molto più *cool* dei tempi che stiamo vivendo.

Quest'assenza di un progresso dalle solide basi è in netto contrasto con ciò che deve avere sperimentato una persona vissuta tra gli ultimi decenni del XIX secolo e la prima metà del XX secolo. Allora i servizi igienici delle case, le automobili, gli aeroplani, l'elettricità, gli elettrodomestici e le reti fognarie e di pubblica utilità diventarono d'uso comune. Nei paesi industrializzati, le persone di ogni livello sociale, se non altro, videro aumentare in modo stupefacente la propria qualità della vita, e parallelamente la ricchezza complessiva della società raggiunse vette nuove e sbalorditive.

Alcuni economisti hanno notato questo progresso lento e faticoso nella maggior parte degli ambiti tecnologici e l'hanno messo in relazione con le

tendenze economiche che abbiamo esaminato nel capitolo precedente, in particolare il ristagno dei redditi per la maggior parte dei comuni cittadini statunitensi. Uno dei principi di base dell'economia moderna è che il cambiamento tecnologico è essenziale ai fini di una crescita economica a lungo termine. Robert Solow, l'economista che espresse formalmente quest'idea, ricevette il premio Nobel per il suo lavoro nel 1987. Se l'innovazione è il principale fattore trainante della prosperità, forse il ristagno dei redditi sottintende che il problema è la velocità a cui vengono generate le nuove idee e invenzioni, non l'impatto della tecnologia sulla classe media e sulla classe lavoratrice. Forse i computer non sono poi così importanti, e ciò che conta maggiormente è la lentezza del progresso su un fronte più ampio.

Diversi economisti hanno sostenuto questa tesi. Tyler Cowen, economista della George Mason University, ha proposto nel suo libro del 2011 *The Great Stagnation* (La grande stagnazione) l'idea che l'economia statunitense abbia temporaneamente raggiunto uno stadio stazionario dopo aver consumato tutti i frutti a portata di mano dell'innovazione accessibile, della disponibilità di terre libere e dei talenti umani sottoutilizzati. Robert Gordon della Northwestern University è ancora più pessimista, tanto da sostenere, in un articolo del 2012, che la crescita economica negli Stati Uniti, ostacolata dalla lentezza dell'innovazione e da una serie di «venti contrari», tra cui l'eccessivo indebitamento, l'invecchiamento della popolazione e le lacune del sistema educativo, potrebbe in sostanza essere finita.[1]

Per capire meglio i fattori che influenzano il ritmo dell'innovazione, potrebbe essere utile pensare al percorso storico seguito da quasi tutte le tecnologie. Gli aeroplani sono un buon esempio. Il primo volo a motore con pilota risale al dicembre 1903 e durò circa 12 secondi. Dopo quel modesto esordio il progresso accelerò, ma il primitivo livello tecnologico degli inizi fece passare degli anni prima che fosse disponibile un aeroplano funzionante. Nel 1905 Wilbur Wright riuscì a restare in volo per quasi 40 minuti percorrendo circa 38 chilometri. Nel giro di pochi anni, però, le cose cominciarono davvero a mettersi in moto: la tecnologia degli aeroplani progredì seguendo una curva esponenziale, e il ritmo del progresso, in termini assoluti, aumentò enormemente. Arrivati alla Prima guerra mondiale, i velivoli ingaggiavano scontri aerei ad alta velocità. Il progresso continuò ad accelerare nei vent'anni successivi, con la realizzazione di caccia ad alte prestazioni come lo Spitfire, lo Zero e il P-51. Più o meno ai tempi della

Seconda guerra mondiale, però, il progresso rallentò sensibilmente. Gli aerei con motori a combustione interna che alimentavano i propulsori erano ormai molto vicini al massimo del loro potenziale tecnologico, e da allora i miglioramenti progettuali sono stati solo graduali.

Questo percorso a S, in cui progressi sempre più veloci – o esponenziali – arrivano a maturazione raggiungendo uno stadio stazionario, illustra efficacemente il percorso di vita di quasi tutte le singole tecnologie. Ovviamente, sappiamo che mentre la Seconda guerra mondiale volgeva al termine entrò in scena una tecnologia aeromobile completamente nuova. Il motore a reazione avrebbe presto offerto un livello di prestazioni assai superiore a quello raggiungibile da qualunque aereo a propulsione. I jet furono una tecnologia *disruptive*, di rottura: seguirono una curva a S tutta loro. La Figura 3.1 ne offre una rappresentazione grafica.

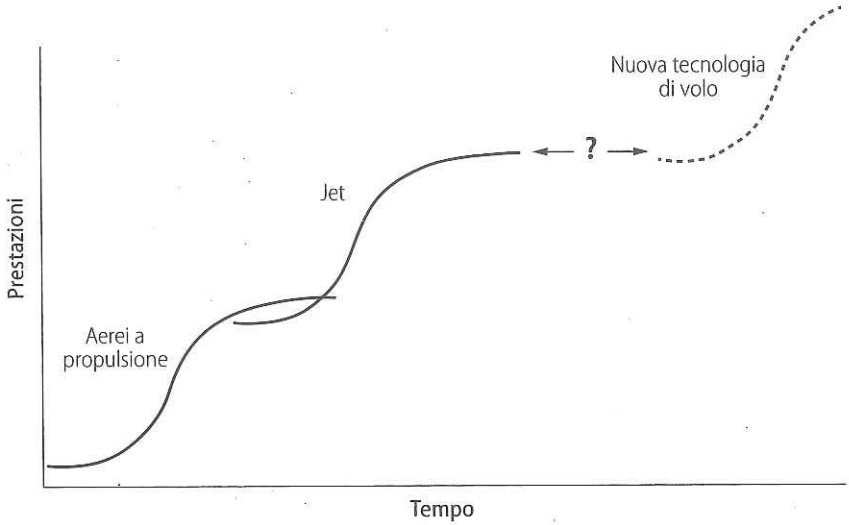
Se vogliamo accelerare nettamente il ritmo dell'innovazione nel progettare aeroplani dobbiamo trovare una nuova curva a S, e questa curva deve rappresentare una tecnologia non solo superiore nelle prestazioni, ma anche sostenibile dal punto di vista economico.* Il problema, naturalmente, è che finora non c'è modo di trovare la nuova curva. Poiché sembra improbabile poter scoprire questa nuova tecnologia di rottura semplicemente scavalcando le reti metalliche intorno all'Area 51,** ci vorrà un enorme balzo in avanti per arrivare alla nuova curva a S – sempre che esista, ovviamente.

Il punto cruciale è che, sebbene molti fattori, come il livello di sforzi e investimenti in ricerca e sviluppo o la presenza di un quadro normativo favorevole, possano certamente avere un effetto sulla posizione relativa delle curve a S delle tecnologie, il fattore di gran lunga più importante sono le leggi della fisica che governano l'ambito tecnologico in questione. Non abbiamo ancora una nuova tecnologia aeromobile di rottura, e ciò è dovuto

* L'apparecchio supersonico Concorde, per esempio, ha offerto una nuova curva a S in termini di prestazioni assolute, ma non si è dimostrato una tecnologia sostenibile dal punto di vista economico e non è mai riuscito a superare una quota molto ridotta del mercato dei voli commerciali. Il Concorde rimase in servizio dal 1976 al 2003.

** Si tratta di un'area situata all'interno di una grande zona militare in Nevada, le cui attività sono coperte dalla massima riservatezza. Alcune fonti ufficiali hanno dichiarato che tali attività riguardano lo sviluppo e il collaudo di tecnologie all'avanguardia, fra cui i jet militari, mentre alcuni ufologi sostengono che la base svolga un ruolo legato ai presunti contatti tra il governo degli Stati Uniti ed entità extraterrestri. [N.d.T.]

Figura 3.1 Curva a S della tecnologia aeromobile



principalmente alle leggi della fisica e ai limiti che queste pongono relativamente alle nostre attuali conoscenze scientifiche e tecnologiche. Se volessimo vivere un altro periodo di rapida innovazione in un'ampia gamma di settori tecnologici – magari qualcosa di paragonabile a quello tra il 1870 circa e il 1960 – dovremmo trovare nuove curve a S in tutte queste diverse aree. Certo è probabile che sia una sfida enorme.

C'è però una ragione importante per essere ottimisti, ed è l'impatto positivo che l'accelerazione dei progressi informatici avrà su ricerca e sviluppo in altri campi. I computer hanno già avuto un effetto trasformativo in molti ambiti. Senza dubbio il sequenziamento del genoma umano sarebbe stato impossibile, senza un'elevata potenza di calcolo. La simulazione e la progettazione al computer hanno ampliato considerevolmente la possibilità di sperimentare nuove idee in svariate aree di ricerca.

Un caso di successo legato alle tecnologie dell'informazione che ha avuto un impatto enorme e personale su ognuno di noi è stato il ruolo della computazione avanzata nella ricerca di giacimenti di gas e petrolio. Essendo diminuita l'offerta globale di giacimenti accessibili, per trovarne di nuovi sono diventate strumenti indispensabili tecniche innovative come l'elaborazione di immagini del sottosuolo in 3D. Aramco, la compagnia

petrolifera nazionale dell'Arabia Saudita, gestisce per esempio un enorme centro di calcolo in cui potenti supercomputer svolgono una funzione cruciale nel mantenere stabile il flusso di petrolio. Molte persone potrebbero rimanere sorprese nel sapere che una delle conseguenze più importanti della legge di Moore è il fatto che, almeno finora, le riserve energetiche mondiali sono rimaste al passo con l'impennata della domanda.

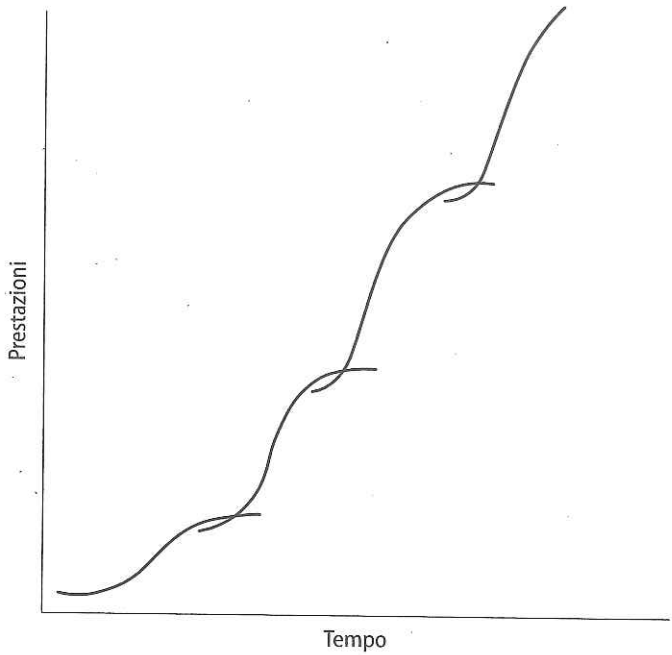
L'avvento dei microprocessori ha fatto aumentare in modo stupefacente la nostra capacità complessiva di operare calcoli e manipolare informazioni. Se un tempo i computer erano enormi, lenti, costosi e poco diffusi, oggi sono economici, potenti e onnipresenti. Se moltiplicassimo l'incremento della potenza di calcolo di un solo computer dal 1960 per il numero di nuovi microprocessori apparsi da allora, il risultato quasi sfuggirebbe alla nostra capacità di computazione. Sembra impossibile immaginare che un tale incommensurabile aumento della nostra capacità di calcolo non avrà conseguenze straordinarie in vari campi scientifici e tecnologici. Ciò nonostante, nel determinare i punti sulle curve a S delle tecnologie che dovremo raggiungere per avere un'innovazione davvero di rottura il primo fattore rimane tuttora il complesso di leggi naturali a cui il mondo è soggetto. La capacità di calcolo non può cambiare tale realtà, ma potrebbe effettivamente aiutare i ricercatori a colmare qualche divario.

Gli economisti convinti che abbiamo raggiunto uno stallo tecnologico nutrono generalmente una profonda fiducia nel rapporto tra il ritmo dell'innovazione e il conseguimento di una prosperità diffusa; l'implicazione è che se riusciremo a espandere ad ampio raggio il progresso tecnologico il reddito mediano ricomincerà ad aumentare in termini reali. Credo che esistano buoni motivi per dubitare che le cose debbano necessariamente andare in questo modo. Per capire perché, esaminiamo ciò che rende davvero uniche le tecnologie dell'informazione e i modi in cui si intrecceranno con le innovazioni sviluppate in altre aree.

Perché le tecnologie dell'informazione sono diverse

L'accelerazione incessante, nei decenni, dei progressi dell'hardware fa pensare che in un modo o nell'altro siamo riusciti a restare nel segmento più verticale della curva a S molto più a lungo di quanto siamo stati in grado

Figura 3.2 La legge di Moore vista come sequenza di curve a S ascendenti



di fare in altri ambiti tecnologici. La realtà, però, è che la legge di Moore ha comportato un'ascesa lungo una scalinata di curve a S disposte a cascata, ciascuna delle quali rappresenta una diversa tecnologia di fabbricazione dei semiconduttori. Il processo litografico seguito per predisporre circuiti integrati, per esempio, si basò inizialmente su tecniche di imaging ottico. Quando le dimensioni dei singoli elementi dei dispositivi si sono ridotte al punto che la lunghezza d'onda della luce visibile è diventata troppo alta per consentire ulteriori progressi, l'industria dei semiconduttori è passata alla litografia a raggi X.[2] La Figura 3.2 illustra a grandi linee una possibile rappresentazione dell'ascesa lungo una serie di curve a S.

Una delle caratteristiche distintive delle tecnologie dell'informazione è stata la relativa accessibilità di curve a S poste in sequenza. L'elemento fondamentale che ha permesso un'accelerazione sostenibile non è tanto il fatto che i frutti da raccogliere si trovassero poco distanti da terra, ma che abbiamo potuto arrampicarci sull'albero grazie alla conformazione di quest'ul-

timo. È stato un processo complicato, favorito da un'aspra concorrenza, e ha richiesto investimenti enormi. C'è stato anche un impegno di rilievo sui fronti della cooperazione e della pianificazione. Per contribuire al coordinamento di tutti questi sforzi, il settore pubblica un enorme documento chiamato International Technology Roadmap for Semiconductors (Itrs), che in sostanza offre un'anteprima dettagliata degli sviluppi previsti nell'arco di quindici anni in base alla legge di Moore.

Allo stato attuale delle cose, presto l'hardware potrebbe trovarsi ad affrontare lo stesso tipo di sfida che caratterizza altre aree tecnologiche. In altre parole, a un certo punto il raggiungimento della successiva curva a S potrebbe richiedere un gigantesco – se non addirittura impossibile – balzo in avanti. Il percorso storico seguito dalla legge di Moore ha continuamente ridotto le dimensioni dei transistor, in modo da poter stipare sempre più circuiti su un chip. All'inizio dei prossimi anni venti la dimensione dei singoli elementi progettuali inseriti nel chip di un computer sarà scesa a circa cinque nanometri (un miliardesimo di metro), ed è molto probabile che si avvicini notevolmente al limite di fondo oltre il quale una ulteriore miniaturizzazione è impossibile. Ci sono però alcune strategie alternative che potrebbero permettere al progresso di continuare senza interruzioni, arrivando a comprendere la progettazione di chip tridimensionali e l'impiego di materiali insoliti a base di carbonio.[3*]

Anche se l'aumento della capacità dell'hardware dovesse entrare in una fase di stallo, rimarrebbe tutta una serie di sentieri lungo i quali il progresso potrebbe continuare. Le tecnologie dell'informazione si situano sul crinale tra due realtà diverse. La legge di Moore ha imperato nel regno degli atomi, in cui l'innovazione si risolve in una lotta per fabbricare i disposi-

* L'idea alla base dei chip tridimensionali è quella di installare i circuiti in verticale, su più strati. Samsung Electronics ha iniziato a fabbricare chip di memoria flash in 3D nell'agosto 2013. Se questa tecnica si dimostrerà economicamente sostenibile nel realizzare i processori molto più sofisticati progettati da aziende come Intel e Amd (Advanced Micro Devices), potrebbe rappresentare il futuro della legge di Moore. Un'altra possibilità è che si faccia affidamento su insoliti materiali a base di carbonio alternativi al silicio. Il grafene e i nanotubi in carbonio, entrambi scaturiti da recenti attività di ricerca nel campo della nanotecnologia, potrebbero offrire un nuovo mezzo per la computazione ad altissime prestazioni. Alcuni ricercatori della Stanford University hanno già creato un computer rudimentale di nanotubi in carbonio, anche se le sue prestazioni rimangono molto al di sotto di quelle dei processori commerciali al silicio.

4. I lavori da colletti bianchi sono a rischio

L'11 ottobre 2009 i Los Angeles Angels ebbero la meglio sui Boston Red Soxs nei playoff della American League di baseball, e ottennero il diritto di battersi con i New York Yankees per il titolo di lega e accedere alle World Series. Fu una vittoria dalla valenza particolarmente emotiva per gli Angels, perché appena sei mesi prima uno dei loro giocatori più promettenti, il lanciatore Nick Adenhart, era stato ucciso in un incidente da un'auto guidata da un uomo in stato di ebbrezza. Un giornalista sportivo iniziò in questo modo il suo articolo sulla partita:

> La situazione sembrava difficile per gli Angels quando, domenica a Fenwey Park, sono rimasti indietro di due punti al nono inning, ma la squadra di Los Angeles si è ripresa grazie a un singolo decisivo di Vladimir Guerrero, battendo i Boston Red Sox per 7 a 6.
> Guerrero ha permesso a due corridori degli Angels di segnare. Ha finito con un 2-4 sul piatto.
> «Visto che si trattava di commemorare Nick Adenhart, dopo ciò che è successo a Anaheim in aprile, sì, probabilmente è stato il colpo più importante [della mia carriera]» ha dichiarato Guerrero. «Perché lo dedico a un ex compagno di squadra, una persona che ci ha lasciato.»
> Guerrero è stato bravo sul piatto per tutta la stagione, in particolare nelle partite non giocate di sera. In queste partite ha una Ops [presenza sulla base + colpi] pari a .794. Ha battuto cinque fuoricampo e ha permesso a 13 corridori di segnare in 26 partite giocate di mattina o pomeriggio.[1]

L'autore di questo testo probabilmente non corre rischi immediati di ricevere un premio per le sue capacità di scrittura. Eppure, la sua ricostruzione rappresenta una conquista degna di nota: non tanto perché è leggibile e grammaticalmente corretta e descrive accuratamente la partita di baseball, ma perché l'autore è un programma informatico.

Il software in questione, chiamato StatsMonkey, è stato creato da studenti e ricercatori dell'Intelligent Information Laboratory della Northwestern University. È stato studiato per automatizzare la stesura di cronache sportive trasformando i dati oggettivi di una partita specifica in una narrazione avvincente. Il sistema va oltre il semplice elenco di fatti; piuttosto, compone un articolo che include gli stessi elementi essenziali che un giornalista sportivo riterrebbe opportuno includere. StatsMonkey opera un'analisi statistica per identificare gli eventi degni di nota accaduti durante la partita; successivamente elabora il linguaggio naturale in un testo che riassume la dinamica complessiva del match e al contempo si concentra sulle giocate e sugli atleti più importanti.

Nel 2010 i ricercatori della Northwestern University che supervisionavano il team di studenti di informatica e giornalismo che lavoravano a StatsMonkey hanno raccolto finanziamenti di venture capital e fondato una nuova impresa, Narrative Science, per commercializzare la tecnologia. L'azienda ha assunto una squadra di informatici e ingegneri di spicco; poi ha gettato via il codice informatico originario dell'applicazione e ha sviluppato un motore di intelligenza artificiale molto più potente e completo che ha chiamato Quill.

La tecnologia di Narrative Science è usata da media di primo piano, tra cui la rivista *Forbes*, per produrre articoli automatici su una serie di temi come lo sport, l'economia e la politica. Il software dell'azienda genera un articolo ogni trenta secondi circa e molti pezzi sono pubblicati su siti assai noti che preferiscono non ammettere pubblicamente di impiegare il servizio. In una conferenza di settore del 2011 il giornalista di *Wired* Steven Levy ha insistito affinché Kristian Hammond, cofondatore di Narrative Science, azzardasse una previsione sulla percentuale di articoli che sarebbero stati scritti algoritmicamente quindici anni dopo. La sua risposta è stata: oltre il 90 per cento.[2]

Narrative Science ha messo gli occhi su qualcosa di molto più ampio del singolo settore dell'informazione. Quill è stato studiato per essere un motore di scrittura discorsiva e analitica d'uso generale, in grado di produrre

resoconti di alta qualità per comunicazioni sia interne che esterne in molti settori diversi. Prende avvio raccogliendo dati da un ventaglio di fonti che comprende database transazionali, sistemi di reportistica finanziaria e commerciale, siti web e perfino social media. In seguito opera un'analisi volta a individuare i fatti e le riflessioni più importanti e interessanti. Infine, assembla tutte queste informazioni dando vita a una ricostruzione coerente che secondo l'azienda eguaglia gli sforzi dei migliori analisti umani. Una volta configurato, il sistema Quill è in grado di generare report aziendali quasi all'istante e di erogarli continuativamente, il tutto senza alcun intervento umano.[3] Una delle prime società a investire in Narrative Science è stata In-Q-Tel, la divisione della Cia che opera nell'ambito del venture capital, ed è probabile che gli strumenti sviluppati dall'azienda verranno usati per trasformare i fiumi di dati grezzi raccolti dalla comunità di intelligence statunitense in un impianto discorsivo facilmente comprensibile.

La tecnologia Quill mostra fino a che punto attività che un tempo erano appannaggio esclusivo di professionisti laureati e qualificati siano vulnerabili all'automazione. Naturalmente il lavoro basato sul sapere, in genere, esige tutta una serie di capacità. Tra le altre cose può essere richiesto a un analista di sapere come recuperare informazioni da sistemi di vario tipo, applicare la modellizzazione statistica finanziaria e successivamente stendere report e presentazioni comprensibili. La scrittura – che dopotutto è almeno tanto un'arte quanto una scienza – potrebbe sembrare una delle attività con meno probabilità di essere automatizzate. Eppure lo è già stata, e gli algoritmi stanno migliorando rapidamente. Di fatto, considerando che il lavoro basato sulla conoscenza può essere automatizzato tramite il solo impiego di software, in molti casi potrebbe dimostrarsi più vulnerabile di occupazioni meno qualificate che prevedono manipolazioni fisiche.

Succede poi che la scrittura sia anche un'area in cui i datori di lavoro si lamentano regolarmente delle lacune dei laureati. Da una recente indagine su un campione di datori di lavoro è emerso che circa la metà dei neoassunti con laurea biennale e più di un quarto di quelli con laurea quadriennale risultano dotati di scadenti competenze di scrittura, e in alcuni casi anche di lettura.[4] Se il software intelligente può iniziare, come sostiene Narrative Science, a competere con gli analisti umani più in gamba, la crescita futura dell'occupazione basata sulla conoscenza è a rischio per tutti i laureati, soprattutto quelli meno preparati.