HAL open science

# Pensiero computazionale: una quarta competenza dopo scrivere, leggere e far di conto

Simone Martini

▶ To cite this version:

Simone Martini. Pensiero computazionale: una quarta competenza dopo scrivere, leggere e far di conto. IL NODO, SCUOLA IN RETE, 2017, 47, pp.18-28. hal-01643699

HAL Id: hal-01643699

https://inria.hal.science/hal-01643699

Submitted on 10 Jan 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

# Pensiero computazionale: una quarta competenza dopo scrivere, leggere e far di conto

*Relazione di Simone **Martini*** (Direttore del Dipartimento di Informatica-Scienza e Ingegneria, *Alma Mater Studiorum* – Università di Bologna) *al workshop AIDU* (Bologna, 2 dicembre 2016)

L'espressione "pensiero computazionale", che fino a qualche anno fa conoscevano solo gli specialisti, dall'anno scorso è addirittura entrata in un testo normativo italiano. Nella legge 107/2015, la cosiddetta "Buona Scuola", questa locuzione è usata in un obiettivo formativo prioritario: "sviluppare le competenze digitali degli studenti, con particolare riguardo al pensiero computazionale".

Cercherò qui di spiegare che cosa sia il pensiero computazionale, per quale ragione sia importante svilupparlo, quali conseguenze tutto questo abbia all'interno della formazione, anche universitaria. Prima di perseguire questo obiettivo, tuttavia, vorrei parlare del contesto nel quale queste questioni si collocano. Un contesto che appare a prima vista tecnologico, ma che a ben guardare riguarda significativi mutamenti nella nostra vita quotidiana.

Il contesto tecnologico si caratterizza per il suo continuo e veloce cambiamento, promosso dalla disponibilità di una potente infrastruttura di comunicazione, che rende possibili applicazioni diversificate. Il livello di base è la rete di comunicazione tra calcolatori che chiamiamo *Internet*, cioè quell'infrastruttura che permette di scambiarsi informazione tramite calcolatori. Con questo termine (calcolatore) indichiamo un qualsiasi dispositivo di calcolo collegato a internet: quindi anche portatili, smartphones, processori dedicati "*embedded*", ecc. L'infrastruttura ci permette di restare connessi ovunque a poco prezzo, senza interruzioni dovute alla nostra mobilità.

Ogni anno le persone che dispongono di una connessione a Internet sono sempre più numerose. Se nel 1995 erano poco meno dell'1% della popolazione mondiale, in vent'anni sono diventate il 45% e la stima per il 2020 supera il 60%. A ciò si aggiunge che ad essere collegate in rete non sono solo le persone, mediante calcolatori più o meno tradizionali, ma anche piccoli o piccolissimi processori messi 'dentro' ("*embedded"*) altri oggetti o macchine (automobili, lavatrici, cancelli automatici, oggetti di magazzino, ecc.). Molte macchine ed elettrodomestici sono dotati della possibilità di collegarsi ad Internet, permettendo raccolta e scambio di informazioni in modo estremamente capillare. È bene non sottovalutare la

rilevanza di questo tipo di infrastruttura tecnologica, che viene indicata con il nome di *Internet of things* (IoT). Se venerdì 21 ottobre 2016 aveste provato a connettervi a Internet, avreste probabilmente riscontrato grossi problemi: molti siti e servizi nordamericani erano irraggiungibili, perché era stato sferrato un attacco ad alcuni importanti DNS (i servizi di internet che permettono di risalire all'indirizzo IP di un nodo della rete). L'aspetto per noi interessante di questo attacco è che era stato scatenato sfruttando proprio i *dispositivi delle cose* (lavatrici, frigoriferi, ecc.), eventualità che i costruttori non avevano prevista. Mediante lo IoT il Web diventa sensibile alla realtà, è sempre più reattivo alla situazione e all'ambiente sociale: attraverso dispositivi semplici e poco costosi, che riescono a trasmettere informazioni dall'ambiente a chi le può elaborare, cresce la nostra conoscenza dell'ambiente e la nostra capacità di reagire agli eventi.

Più importante dell'infrastruttura tecnologica, tuttavia, è il software che la sfrutta. La componente software sta diventando la parte dominante di qualsiasi altra tecnologia. Un'autovettura di fascia alta può contenere 100 milioni di linee di codice, più di *Facebook*, o di un sistema operativo quale Windows Vista: "*Software is eating the world"*, secondo una bella espressione di Marc Andreessen, il creatore di Netscape, uno dei primi *browser* per il web, oggi ricco *venture capitalist*. Il software rende "trasparente" l'infrastruttura, rende le altre tecnologie sempre più utilizzabili e, quindi, diffuse e vicine alla gente.

Oltre al software, un altro aspetto su cui vorrei richiamare la vostra attenzione è quello dei dati. Stiamo producendo dati (cioè informazione in formato direttamente elaborabile) ad una velocità che non si è mai vista nella storia: ogni giorno sono prodotti 2,5 miliardi di Giga byte di dati. Se li memorizzassimo su dischi blu-ray, ogni giorno ne impileremmo tanti da erigere una colonna alta quanto 4 torri Eiffel sovrapposte. Il 90% dei dati oggi disponibili è stato prodotto negli ultimi due anni. Per millenni l'umanità ha avuto il problema di come e quali dati conservare. Oggi abbiamo il problema opposto di comprendere cosa possiamo fare delle informazioni che produciamo e conserviamo; e di come fare a cancellarli quando ce ne fosse bisogno.

Questo cambiamento digitale passa attraverso il web: attraverso questa infrastruttura, che, per semplificare, possiamo immaginare come un'unica tecnologia, applicazioni diverse raggiungono i loro utenti–persone e cose–in modo capillare. L'unica tecnologia sottostante permette la disponibilità di applicazioni diverse, in modo così diffuso e ubiquo da cambiare in primo luogo le discipline tradizionali. Oggi tutto è *digital*: non c'è più l'ingegnere meccanico puro, perché la meccanica è divenuta *digital manifacturing*; tutta l'industria è radicalmente

cambiata, al punto che perfino il governo italiano ha approntato una struttura di missione per l'*industria 4.0*, nella quale la tecnologia digitale, l'informazione, e la sua elaborazione sono integrate nell'organizzazione industriale. Abbiamo il *digital design*, le *digital humanities*, la chimica e l'astrofisica computazionali, la *e-leadership* per i manager, e chi più ne ha più ne metta. E tuttavia, più radicale ancora di quello sulle discipline, è l'impatto sulla vita quotidiana ad essere sorprendente. Un impatto, come vedremo, che è lungi dall'esser neutro sulla nostra vita sociale e la nostra stessa comprensione della realtà. Porterò solo alcuni esempi frammentari, che possano dare un'idea sia della profondità dell'impatto sia della sua pervasività.

Inizierò con un aneddoto personale: alcuni anni fa regalai a mio padre ottantenne un iPad, il suo primo computer. La sua reazione immediata fu quella di cercare il manuale delle istruzioni (non solo per accenderlo e spengerlo, ovviamente, ma per usarne le *applicazioni*!). Nessuno dei ragazzi in questa sala avrebbe avuto la stessa reazione non perché necessariamente lo sappiano usare, ma perché non vedono questa tecnologia come un elettrodomestico o una macchina utensile: è per loro, un oggetto che abita *naturalmente* il loro (il nostro) mondo. Non c'è bisogno delle istruzioni per trattare con il gatto di casa, o per giocare con l'altalena del parco pubblico: si interagisce con loro, in modo *naturale*, e così facendo si impara ad usarli.

La seconda osservazione riflette su alcune conseguenze della grande disponibilità di informazione, prendendo ad esempio la cartografia. Fino a vent'anni anni or sono la discriminante di una famiglia colta era la disponibilità di carte geografiche nella biblioteca di casa. Assai più dei libri, possedere mappe e carte significava aver viaggiato e possedere una mentalità cosmopolita: l'atlante, le carte del Paese in cui la famiglia viveva o aveva vissuto, le mappe delle città che erano state visitate. Ora nessuno tiene più in casa, o acquista, carte del genere: abbiamo a disposizione dati e dispositivi che permettono di fruire di risorse cartografiche ovunque e in qualsiasi momento. Abbiamo tanta, tantissima informazione, ma ne fruiamo in un solo modo: Google Maps (o, al più, anche Apple Maps). La sovrabbondanza di dati viene veicolata in maniera pre-confezionata, standard, in base a quanto ha deciso il progettista dell'applicazione con la quale accediamo all'informazione. Ad esempio, si tratta di cartografia inutilizzabile da un disabile motorio, perché non rappresenta in modo accurato le barriere architettoniche: la presenza di uno scalino, di una scala o di un ostacolo. Abbiamo guadagnato in diffusione dell'informazione, ma questa è uniformata al modo di vedere il mondo che hanno i normodotati; abbiamo perso la variabilità, la capacità di presentare questi

dati in maniera differente a seconda di chi li legge.. Non occorre essere un esperto di cartografia per rendersi conto che ogni carta è una rappresentazione che manifesta alcuni aspetti e ne nasconde altri, e che il cartografo è il portavoce di un determinato potere.

Inoltre, l'uso della cartografia digitale ha cambiato radicalmente l'esperienza della realtà incontrata durante un viaggio. Prima delle carte sui dispositivi mobili, recarsi in una città sconosciuta significava acquistare in anticipo una mappa, studiarla e costruire così un modello mentale di quel luogo. La visita della nuova città era quindi la verifica sul campo del modello mentale costruito in precedenza, che veniva aggiornato e modificato sulla base dell'esperienza. Con le mappe su dispositivo mobile, sperimentiamo contemporaneamente realtà e rappresentazione: non c'è più un modello costruito in precedenza che viene verificato successivamente; c'è invece una costruzione incrementale, la continua verifica di quanto il nostro strumento rappresenta e che confrontiamo subito con la realtà che vediamo muovendoci nella città. La tecnologia ha cambiato in modo significativo la nostra rappresentazione della realtà, e il nostro modo stesso di interagire con quella la realtà..

Per terzo e ultimo esempio vi propongo la realtà aumentata, cioè la possibilità di integrare sui dispositivi di calcolo, anche mobili, realtà e finzione. In questi mesi abbiamo visto dovunque ragazzi girare in strada con "Pokemon Go" un gioco per smartphone che permette di "vedere" i pokemon come se fossero davvero presenti nella realtà circostante ripresa mediante la telecamera dello smartphone. È solo un gioco, anche nel modo in cui sfrutta la tecnologia, poco più che un rudimentale uso della realtà aumentata. Ma immaginiamo di usare la stessa tecnologia a Pompei: siamo negli scavi della città romana distrutta dal Vesuvio, inquadriamo con il nostro smartphone una rovina e il telefono genera, sopra l'immagine che ho appena catturato, una possibile ricostruzione di quello che poteva essere la situazione prima dell'eruzione del Vesuvio. Si tratta di "protesi estese": non sostituiscono le nostre facoltà, ma le aumentano e forniscono nuove sensazioni e nuove potenzialità. Sono naturali o artificiali? Chi di noi direbbe a un amputato alle gambe, che dice di percepire una protesi come "naturale", che si sbaglia? La distinzione tra natura (*physis*) e tecnica (*techné*) sfuma: non si può più contrapporre il 'naturale' ad 'artificiale', quasi fossero realtà distinte. La percezione della realtà che oggi è possibile grazie al digitale è una costruzione congiunta di natura e tecnica (si pensi, ad esempio, al termine "infosfera" usato da Luciano Floridi nel 2009[1], costruito sul calco di "biosfera": una percezione integrata della

[1] Floridi L. (2009), *Infosfera. Etica e filosofia nell'età dell'informazione*, Giappichelli ed.

natura, aumentata attraverso la tecnologia.) L'artificiale estende il naturale in una nuova sintesi di realtà.

Sbaglieremmo di grosso se pensassimo che il quadro che abbiamo delineato richieda una risposta (solo) tecnologica. Conta sapere usare gli strumenti, certamente, ma molto più conta il quadro di riferimento nel quale essi si situano. La scuola superiore italiana, secondo una grande intuizione gentiliana, propone biologia e latino, fisica e filosofia, non per formare biologi, o fisici, o filologi, ma perché i *principi* di quelle discipline sono *tutti* strumenti di comprensione e interpretazione della realtà contemporanea. Dobbiamo far nostra quella impostazione, evitando di guardare il dito, ovvero la tecnologia e guardando invece la luna, ciò che sta dietro la tecnologia, ciò che la tecnologia in questo momento ci aiuta a fare e a sperimentare.

Con "pensiero computazionale" indichiamo proprio quei principi dell'informatica che soggiacciono e guidano la tecnologia, che ci consentono quindi di leggere correttamente la nuova realtà che ci circonda, e che come abbiamo visto è naturale e artificiale assieme. In estrema sintesi, possiamo dire che il pensiero computazionale è ciò che ci permette di (i) leggere la "trama algoritmica" (cioè effettiva, calcolabile, procedurale) della realtà; (ii) saper descrivere tale trama in un opportuno linguaggio; in modo tale che (iii) tale descrizione sia eseguibile da un esecutore in grado di manipolare informazione in modo effettivo. Se volessimo elencare alcuni di questi concetti e competenze, troveremmo le nozioni di algoritmo, di dato e di sua rappresentazione, di astrazione, di riconoscimento di modelli (*pattern*), di simulazione, di parallelizzazione, di complessità computazionale, ecc. Se potessimo essere esposti al pensiero computazionale sin da bambini, assimileremmo questi concetti come strutture interpretative del reale, così come oggi assimiliamo normalmente il concetto di numero e di simmetria, di forza, di massa, di elemento chimico, di processo storico. Tutti concetti e competenze che ci aiutano a svolgere meglio la nostra professione, qualunque essa sia, e a leggere in modo più competente la realtà.

Facciamo adesso qualche esempio di quello che intendiamo con "trama algoritmica" della realtà, partendo dal semplice compito di ordinare un mazzo di carte, Il modo forse più ovvio è quello di prendere le prime due carte del mazzo e metterle in fila. Poi prendere la terza ed inserirla, al suo posto, insieme alle due precedenti. Passiamo alla quarta e la inseriamo nel mazzetto delle tre precedenti mantenendo l'ordine; e continuiamo in questo modo fino a che non abbiamo esaurito il mazzo. Questo che abbiamo appena descritto non è certo l'unico

modo possibile. Un modo diverso è quello di prendere la prima carta sul mazzo e metterla sul tavolo; passare poi in rassegna le altre carte, dividendole in due mazzetti: a sinistra della prima carta tutte quelle *più piccole di essa*; nel mazzetto a destra tutte le carte *più grandi* della carta estratta per prima e che giace tra i due mazzetti. I due mazzetti sono ovviamente entrambi disordinati, ma siamo certi che la posizione della prima carta non cambierà nel mazzo ordinato finale: starà *dopo* tutte quelle del mazzetto di sinistra e *prima* di tutte quelle del mazzetto di destra. Concentriamoci ora sul mazzetto di sinistra: prendiamone una carta a caso, mettiamola sul tavolo a sinistra della prima e ripetiamo la suddivisione del mazzetto: a sinistra della carta estratta quelle più piccole di essa; a destra quelle più grandi. Abbiamo ora tre mazzetti non ordinati e due carte, la posizione delle quali non cambierà nel mazzo finale relativamente alle carte dei tre mazzetti. Possiamo continuare a suddividere i mazzetti in questo modo fino a quando tutti i mazzetti non si sono ridotti ad una sola carta e quindi sul tavolo abbiamo tutte le carte disposte in fila ordinata. Lo stesso compito, è stato risolto in due maniere diverse: sono entrambe corrette? Possiamo dire che uno di esse è migliore dell'altra? In base a quale criteri possiamo rispondere a queste domande? Leggere la trama algoritmica della realtà significa in primo luogo sapere come descrivere questi metodi, e possedere i concetti che rendono queste domande sensate. Se potessimo guardare un'animazione di questi due modi di ordinare un mazzo di carte, vedremmo subito che il secondo, forse meno intuitivo e certo più difficile da descrivere e visualizzare, si comporta sempre meglio del primo: è quasi sempre molto più veloce a raggiungere il risultato finale. Si tratta di due *algoritmi di ordinamento* ben noti agli informatici. Il primo lo chiamiamo *Insertion Sort*, visto che inserisce le carte da ordinare una dopo l'altra nel mazzo finale; il secondo si chiama *Quick Sort*, e per descriverlo in modo preciso avremmo bisogno di una semplice tecnica di progettazione che si chiama "*divide et impera*" e che in questo caso sfrutta una tecnica di programmazione che chiamiamo *ricorsione*. Ovviamente Insertion Sort e Quick Sort non sono gli unici due metodi con i quali possiamo ordinare un insieme di oggetti: il pensiero computazionale ci dà un modo per descrivere questi e altri metodi, per saperli confrontare, per saperli anche applicare nella vita quotidiana.

Nel problema dell'ordinamento, che abbiamo appena trattato, la presenza di una componente algoritmica è quasi evidente. Non è sempre così: la "trama algoritmica" può essere più nascosta e sfuggente. Un esempio di questo caso sono i processi di apprendimento automatico, che sono alla base dei sistemi automatici che, ad esempio, riconoscono la scrittura manoscritta, o che identificano le forme geometriche presenti in un'immagine. Questi sistemi

sono oggi assai sofisticati, e sono utilizzati in applicazioni molto diverse, dalla guida automatica (Tesla, Google, Bosch, ecc.), ai giochi su scacchiera come Go[2], alle analisi finanziarie, ai sistemi di risposta automatica per call center. In tutti questi sistemi il processo di apprendimento algoritmico è nascosto, e molto meno immediato del processo computazionale coinvolto nel problema dell'ordinamento. In estrema sintesi, che non possiamo approfondire qui, tutti questi sistemi condividono una stessa architettura software, che viene chiamata *rete neuronale multistrato*, il cui funzionamento dipende da alcuni parametri fondamentali che possiamo chiamare *pesi*. I pesi sono fissati, in primo luogo, a valori casuali. In una prima fase, di *apprendimento*, al sistema sono presentati ripetutamente degli esempi di funzionamento. Supponiamo, per fissare le idee, di stare addestrando un sistema per il riconoscimento di cifre manoscritte. Al sistema viene presentata una cifra specifica, diciamo un "5": in base ai pesi (per il momento casuali), il sistema riconoscerà o meno quel 5. A seconda della risposta (corretta o meno), alcune regole determinate a priori déttano una modifica dei pesi. Al sistema con i pesi modificati viene quindi presentata un'altra cifra manoscritta: ancora una volta, i pesi del sistema vengono modificati in base alla risposta. Questo processo di apprendimento continua su un numero congruo di esempi (da alcune centinaia ad alcuni milioni di casi distinti). Quando la fase di apprendimento è terminata, i pesi sono congelati e il sistema "entra in produzione" e viene utilizzato per riconoscere davvero cifre manoscritte[3].

Riconoscere la trama algoritmica è qualche volta semplice; altre volte è molto difficile, ma la sfida è la solita: riuscire a descrivere il processo, descrivere i dati su cui esso si basa, rappresentare queste informazioni in modo acconcio, affinché questa descrizione possa essere eseguita da una "macchina". Come nelle altre scienze, queste descrizioni non sono arbitrarie o artigianali: teorie generali ci consentono di comprendere e studiare in modo sintetico ed

---

[2] Deep Mind, un programma di questo tipo realizzato da un'azienda britannica acquistata da Google nel 2014, nel marzo del 2016 ha battuto il campione di Go Lee Seedol (considerato il secondo al mondo). Go è un gioco estremamente difficile dal punto di vista computazionale, a causa dell'enorme quantità di configurazioni di gioco possibili, assai di più di quelle possibili negli scacchi. Deep Mind (a differenza dei programmi per il gioco degli scacchi che in passato hanno battuto campioni mondiali) è basato sull'apprendimento automatico: sono stati "mostrati" a Deep Mind milioni di partite effettivamente giocate da umani e sulla base di questo "allenamento" è stato capace di vincere le quattro partite su cinque contro Seedol.

[3] Ad un sistema che gioca a Go saranno presentate, durante la fase di addestramento, milioni di partite diverse, fino a quando i pesi non siano assestati su un comportamento simile a quello di un bravo giocatore umano.

economico intere famiglie di algoritmi, che condividono tra loro aspetti significativi. Ad esempio sono basati sugli stessi schemi di ripetizione, condividono le modalità di accumulo dei risultati parziali, oppure usano le stesse strutture dati. Esporsi al pensiero computazionale significa apprendere queste tecniche comuni, queste forme linguistiche di espressione della "trama linguistica"; vuol dire interiorizzare quegli schemi generali che ci aiutano a vedere, a leggere ed a interpretare la presenza della componente algoritmica nelle varie realtà con le quali veniamo in contatto. Solo acquisendo queste competenze possiamo sfruttarne le potenzialità e riconoscerne i limiti e i problemi.

La disponibilità di queste meta-competenze interpretative è la chiave della cittadinanza consapevole: se nella scuola gentiliana la lente interpretativa è costituita dalla cultura classica, oggi dobbiamo produrre una nuova sintesi, che comprenda e integri in un corpus organico anche le competenze algoritmiche. Quelli che chiamiamo "linguaggi di programmazione" sono infatti soprattutto uno strumento per costruire modelli della realtà, nei quali le relazioni e le interazioni tra i concetti sono descritte in modo esplicito. Non tutti dovranno usare questi linguaggi in modo professionale, ma tutti dovrebbero avere l'opportunità di venire in contatto con essi. Si usa spesso il termine "*coding*" per indicare questo fare esperienza di tali linguaggi astratti ed artificiali: un'esperienza che è in grado di orientare in maniera nuovo il nostro modo di guardare la realtà.

Concluderò con qualche considerazione metodologica.

"Perché un pensiero cambi il mondo, bisogna che cambi prima la vita di colui che lo esprime. Che cambi in esempio[4]". Il *pensiero* computazionale non fa eccezione: dobbiamo interiorizzare questo modo di guardare la realtà, affinché cambi davvero la nostra capacità di relazionarci con le persone e la realtà. In questo contesto e in questo luogo, ospiti del Dipartimento di Scienze dell'Educazione, non posso non ricordare il priore di Barbiana: "Perché è la lingua che fa eguali. Eguale è chi sa esprimersi e intende l'espressione altrui. Che sia ricco o povero importa meno. Basta che parli[5]". Don Milani scriveva, ovviamente, riferendosi all'italiano; ma oggi quella stessa frase, parola per parola, può riferirsi alle competenze acquisibili attraverso il pensiero computazionale. Chi non sa esprimersi con questi nuovi linguaggi è il nuovo contadino del Mugello, il nuovo abitante di Barbiana. E come a Barbiana l'italiano e il francese, la statistica e la matematica si imparavano non per

[4] Albert Camus, Tacquini, II, p. 139.

[5] Scuola di Barbiana, Lettera ad una professoressa. 1967. Lo stesso afflato linguistico la troviamo in altre esperienze educative idealmente legate alla scuola di Barbiana, come la Scuola 725 di don Roberto Sardelli: "Finché ci sarà uno che conosce 2.000 parole ed un altro che ne conosce solo 200, questi sarà oppresso dal primo. La parola ci fa eguali."

fare della letteratura, ma per essere cittadini responsabili, così oggi linguaggi e concetti del pensiero computazionale servono per la piena cittadinanza nella società dell'informazione[6].

L'*Encyclopédie* (1751) fu il primo tentativo della storia di raccogliere in un unico luogo tutta la competenza di quell'epoca, proprio come il web di oggi. Questo grande monumento della modernità fu pensato da Denis Diderot e Jean-Baptiste d'Alembert come un'opera in tre parti; le prime due, quelle che vengono sempre ricordate, riguardano le arti liberali e le scienze. La terza è dedicata alle arti applicate, ai mestieri. Ma come descrivere in un volume, in un testo *scritto*, le competenze dei vari mestieri? Come si tesse una tela? Come si soffia il vetro? Come si ferra un cavallo? Nell'introduzione, Diderot descrive l'impostazione e le difficoltà metodologiche di questa iniziativa. In primo luogo per acquisire quelle informazioni c'è un solo modo, quello di "andare a bottega" dagli artigiani che possiedono quelle competenze. Ma c'è un problema: "Abbiamo chiesto ai più abili artigiani di Francia, ci siamo addirittura recati nelle loro botteghe. Però tra mille se ne trova a mala pena una dozzina in grado di esprimersi con qualche chiarezza sugli strumenti che utilizzano e sulle opere che fabbricano[7]". Come fare a descrivere quei mestieri se perfino chi ne possiede le competenze non possiede il linguaggio per darne conto? Potremmo esser tentati di sorvolare sul problema, e attribuirlo alla mancanza di istruzione di quegli artigiani, o alla loro scarsa dimestichezza con le spiegazioni generali. In questo modo fraintenderemmo invece completamente la natura del problema: c'è tutta una serie di competenze che sono espresse in azioni e che sono difficili da esprimere con parole. "Esprimersi con difficoltà non significa stupidità. Quel che può dirsi con le parole può essere più limitato di quello che si può fare con le cose. [...] Questa è una, forse "la", limitazione fondamentale dell'uomo: il linguaggio non è in grado di rappresentare in modo fedele i movimenti fisici del corpo umano.[8]" Per avvicinare quello che "possiamo fare con le cose" a quelle che "possiamo dire con le parole", Sennett osserva nell'*Encyclopédie* la sostituzione delle immagini al posto delle parole. Le sequenze di immagini, dopo che "tutta la confusione di una vera bottega è stata eliminata," chiariscono i movimenti e le azioni, cosicché essi possano essere riprodotti anche da operai incapaci di utilizzare le parole per descrivere quelle azioni. Ci sono situazioni, tuttavia, dove anche le

[6] È noto che la posizione di Milani nei confronti della tecnologia e della scienza, intese *per se*, non è benevola. Poco oltre la citazione di sopra, nella *Lettera* troviamo: "Neanche per la scienza non ti dar pensiero. Basteranno gli avari a coltivarla. (...) Non dannarti l'anima e l'amore per cose che andranno avanti da sé." La posizione che si sostiene in questo intervento, tuttavia, è che le competenze digitali debbano essere oggi catalogate tra quelle abilitanti (come appunto la lingua) e non tra quelle propriamente scientifiche. È in questo senso che non sembra arbitraria la citazione sulla "lingua che fa eguali".

[7] D. Diderot, Prospectus à l'Encyclopédie, 141; 1751.

[8] R. Sennett, L'uomo artigiano. 2009

immagini sono insufficienti, in specie quando sono richiesti elevati standard di eccellenza. Perché in quei casi i dettagli, i trucchi e l'occhio del maestro, sono troppo complicati, e troppo nascosti, per essere condensati in figure. L'esempio che Sennett porta a questo proposito è quello della bottega di Antonio Stradivari, dove "l'esperienza del lavoro di altissima qualità era contenuta nell'abilità, inespressa a parole, del maestro, che non poteva essere passata alle generazioni successive.[9]"

Oggi che il web sta "uccidendo la classe media,[10]" che tutto diventa automatizzato e le competenze degli individui vengono riprodotte, migliori, dagli automi, di modo che librai, tassisti, agenti di viaggio, fotografi, traduttori sono o saranno, sostituibili da sistemi digitalizzati, sembra che si salvino davvero solo "i liutai, perché non sono sostituibili dalle macchine[11]". Non è così ovvio neppure questo: Harry Mairson, un informatico teorico della Brandeis University, propone un progetto di "*digital liutery*" nel quale sono fornite "astrazioni linguistiche" (in un linguaggio di programmazione) per la riproduzione concreta delle geometrie (forme, bombature, misure, ecc.) dei violini storici di Stradivari, Amati, Guarnieri, ecc. Queste astrazioni manifestano e rendono disponibili quelle regolarità e schemi che erano conosciuti "a memoria" (ma sarebbe meglio dire "con le mani") da quei maestri, ma che mancavano del linguaggio nel quale poter essere descritti. Il pensiero computazionale "fornisce un mezzo per descrivere l'uno all'altro quel che sappiamo fare. È un principio di organizzazione intellettuale per comprendere e descrivere il passato, e per dar conto delle competenze che si svilupparono e che giunsero a maturità[12]".

"*Omnia in mensura, et numero et pondere*" secondo il motto di Isaac Newton[13] . Quel "numero" per Newton è descrizione matematica della natura e, come per Galileo, è soprattutto descrizione geometrica[14], continua, della realtà. Il pensiero computazionale ci ricorda che quel "numero" non può oggi prescindere dall'essere *anche* una descrizione computazionale, discreta, digitale: una trama algoritmica che permea la realtà e le relazioni tra le persone e le cose.

---

[9] R. Sennett, *cit.* p. 243

[10] L'espressione è di Jaron Lanier, uno dei pionieri della realtà vituale.

[11] Ancora Lanier, intervista a La Repubblica, 14/7/2014.

[12] H. G. Mairson, *Functional Geometry and the Traité De Lutherie*, in Proceedings of the 18th ACM SIGPLAN International Conference on Functional Programming, pagg 123—132, 2013.

[13] Che discende da un versetto della traduzione latina (*Vulgata*) della Bibbia: Sap 11,20.

[14] "Il libro dell'universo è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi ed altre figure geometriche", Galileo Galilei, EN, vol. IV, p. 24; ca 1610.