

Informatica, problem solving e pensiero computazionale: una storia comune.

(Giorgio Casadei. Storia dell'informatica Università di Bologna)

Col neologismo *computational thinking* (*pensiero computazionale*) si fa riferimento a competenze cognitive per il *problem solving* maturate con lo studio e accumulate con l'esperienza di utilizzo degli strumenti concettuali e operativi propri dell'*informatica*. In questa relazione viene mostrato come l'atteggiamento mentale corrispondente al *pensiero computazionale* sia (invece) il risultato di una lunga evoluzione culturale che si è consolidata nell'ambito delle diverse abilità sviluppate per il *problem solving* raggiungendo il livello attuale con la comparsa dell'*informatica*: l'attitudine al *problem solving* designata da questo neologismo ha quindi una storia lunga migliaia d'anni, ben documentata a partire dalla invenzione della scrittura.

0. Introduzione

La storia culturale, sociale economica dell'uomo è caratterizzata da un susseguirsi di esigenze e problemi che hanno stimolato la invenzione di strumenti operativi e concettuali per facilitarne la soluzione. Il continuo presentarsi di nuove esigenze, il tentativo di migliorare soluzioni parziali a vecchi problemi, la curiosità e la ricerca disinteressata del sapere hanno poi costituito la fondamentale spinta al progresso scientifico, culturale, economico e sociale. Durante questa evoluzione l'uomo ha accumulato molte abilità e competenze di *problem solving* acquisendo non solo capacità operative, ma soprattutto attitudini mentali specifiche collegate a queste invenzioni. La prima evidenza documentata di acquisizione di competenze di *problem solving* legate all'uso di uno strumento è rappresentata dalla abilità nel costruire e utilizzare strumenti fatti con la pietra e l'ultima significativa specializzazione, consolidata nella seconda metà del secolo ventesimo, è dovuta all'informatica e viene indicata col neologismo "pensiero computazionale" o *computational thinking*. La storia di questa evoluzione, che è la storia della civiltà umana, iniziata con la nascita del linguaggio naturale, successivamente è stata alimentata da esperienze di *problem solving* e pilotata da invenzione di nuovi strumenti che hanno a loro volta generato linguaggi specializzati spesso condizionati dalla tecnologia. Col consolidarsi dell'uso del linguaggio si rafforzano gli strumenti della comunicazione, si formano le tribù fino a diventare stati. Emerge quindi l'esigenza di ricordare impegni commerciali, di tramandare eventi storici, di demandare compiti e di trasmettere informazioni; infine si passa dalla civiltà orale a quella scritta. Col diffondersi di testi scritti (commerciali, letterari, scientifici, normativi, economici,...) emerge l'esigenza di regole effettive per produrre testi corretti e convincenti, interpretarne i contenuti, svolgere argomentazioni e eseguire calcoli; l'uomo ha quindi imparato a servirsi della scrittura facendo nascere con ciò la letteratura, l'astronomia, la filosofia, la geometria, e la logica. Con l'aumentare della complessità, emerge l'esigenza di disporre di strumenti e metodi che aiutino nella soluzione di problemi; l'uomo ha infine sviluppato linguaggi artificiali specifici che gli hanno consentito di accumulare conoscenza, fare scienza e usare la scienza. Al termine di un percorso durato decine di migliaia di anni, dalla scienza e dalla tecnologia emerge l'informatica: l'uomo ha costruito una macchina che sa usare un linguaggio articolato. Si può quindi affermare che l'informatica è emersa al termine

di un percorso iniziato nella preistoria, quando l'uomo ha scoperto il vantaggio competitivo derivante dallo scambio di messaggi orali contenenti informazione; si è poi consolidata come disciplina quando hanno fatto la loro comparsa regole di rappresentazione e metodi di elaborazione dei messaggi scritti; ha infine assunto la forma attuale quando sono comparse una lingua per il problem solving algoritmico e una macchina capace di trattare le argomentazioni come calcoli e di promuovere lo sviluppo del pensiero computazionale. Questa storia può quindi essere raccontata come intreccio di tre letture diverse: linguistica, strumentale e applicativa.

La lettura linguistica vede il linguaggio come strumento di comunicazione tra due o più sistemi (biologici, strumentali o naturali) con regole e modalità di rappresentazione, comunicazione e memorizzazione dell'informazione: alfabeto, grammatica, sintassi, logica e i gerghi delle discipline scientifiche. Questo percorso termina con la definizione formale di linguaggio di programmazione.

La lettura strumentale descrive gli ausili strumentali e concettuali utilizzati per facilitare e realizzare il trattamento dell'informazione: sistemi di numerazione, aritmetica, algebra, calcolatrici manuali e automatiche. Questo percorso termina con la progettazione del computer.

La lettura applicativa è la storia di esigenze, problemi e curiosità scientifiche che hanno provocato e trainato ricerche specifiche che con l'accumulo dei loro risultati hanno contribuito alla nascita dell'informatica. Questo percorso termina con la nascita del pensiero computazionale, cioè con la constatazione che l'informatica costituisce l'infrastruttura concettuale e operativa fondamentale per sostenere lo sviluppo scientifico, culturale, economico e tecnico del mondo globalizzato.

1. Problemi strumenti mentalità

A partire dall'età della pietra l'uomo non solo è diventato abile nel costruire e usare strumenti da lui costruiti, ma ha anche acquisito e interiorizzato la mentalità corrispondente agli strumenti utilizzati e si sono quindi affermate delle specializzazioni: non solo cacciatori, agricoltori o guerrieri, ma anche letterati, scienziati o artisti. Col diffondersi delle specializzazioni l'uomo ha capito che affrontare un problema con lo strumento appropriato e la mentalità giusta ne facilita sicuramente la soluzione: le conoscenze e le competenze associate ai singoli strumenti (operativi o concettuali) costituiscono un notevole vantaggio competitivo (anche nella vita di tutti i giorni!). A volte questi strumenti hanno contenuti talmente innovativi e profondi da generare non solo nuove mentalità, ma anche vere e proprie "rivoluzioni", non solo culturali. In questa prospettiva, l'evento più significativo che ha prodotto una vera rivoluzione culturale è rappresentata dalla invenzione dei sistemi di scrittura; questa innovazione ha prodotto diverse attitudini e modi di pensare cui ci si riferisce dicendo per esempio avere la mentalità scientifica, artistica o matematica. Nel *Prometeo incatenato*, Eschilo (anche se alcuni non lo ritengono l'autore) fa dire a Prometeo: "*per loro ho inventato i numeri, la prima tra tutte le scienze, ma ho anche insegnato agli umani come combinare tra loro le lettere,*

memoria di tutte le cose, madre di tutte le arti". Un segnale evidente della consapevolezza della rivoluzione culturale che sancisce il passaggio dalla cultura orale a quella scritta è documentata nella gerarchia dei personaggi dell'Olimpo greco; con la scrittura, la dea della memoria (Mnemosine) è stata sostituita dalle figlie (le Muse), protettrici delle arti e della scienza. Un segno evidente e concreto del passaggio dalla cultura orale a quella scritta è documentato nel corso del primo millennio a.C. in Grecia con la nascita della letteratura (non solo Omero), della filosofia (dal maestro Socrate, che non credeva alla importanza dello scrivere, all'allievo Platone che, con la scrittura dei suoi "Dialoghi" ha di fatto documentato la nascita di questa disciplina), della matematica (con gli "Elementi" di Euclide) e dell'astronomia (formalizzata all'inizio del primo millennio d.C. con l'Almagesto di Tolomeo). Non trascurabile per evidenziare l'importanza della introduzione di strumenti culturali connessi con la scrittura è il rogo dei libri avvenuto in Cina col cambio delle dinastie dominanti. Verso la fine del primo millennio a.C. l'uomo ha a disposizione tutti gli strumenti che permettono l'esplosione della cultura. I sistemi di scrittura e di numerazione infatti, non solo permettono l'accumulo di conoscenze, ma incoraggiano la riflessione su contenuti, modi e forme del pensiero e favoriscono la comparsa e la elaborazione di astrazioni. In particolare, come risultato di queste astrazioni si ha la comparsa e lo sviluppo della logica e dell'aritmetica, come discipline che permettono la manipolazione di segni e, quindi, di idee.

2.Dalla scrittura ai linguaggi.

Con la invenzione della scrittura si manifesta l'esigenza di descrivere e comunicare in modo effettivo che si concretizza col l'invenzione di particolari strumenti linguistici per trattare in modo esplicito e non ambiguo i problemi nelle rispettive discipline; questa esigenza si è quindi concretizzata con la proposta di linguaggi (o gerghi) via via sempre più efficaci e specifici.

All'inizio del secondo millennio a.C. (circa 1800) Hammurabi ha iniziato ad utilizzare uno pseudo linguaggio giuridico a clausole contenente strutture tipo
se <predicato> allora <azione>

per descrivere un codice legislativo. A metà del primo millennio a.C. Platone ha colto un nesso profondo fra il linguaggio della dialettica, da lui definito fondamentale per trattare i problemi della conoscenza e il calcolo⁽¹⁾. Aristotele ha contribuito a fondare la logica come linguaggio per costruire argomentazioni cogenti. Euclide ha utilizzato un linguaggio (logico matematico) per descrivere le dimostrazioni nel sistema formale della geometria. Leibniz ipotizza che con la introduzione di un sistema per descrivere concetti e di regole per realizzare inferenze si possa costruire una lingua universale per descrivere le "discussioni fra filosofi" con modalità simili a quelle usate per le "operazioni dei computisti"⁽²⁾. Le idee di Leibniz ebbero una prima parziale realizzazione con l'algebra di Boole, presentata come una legge del pensiero; non è la lingua universale ipotizzata da Leibniz, ma è comunque sufficiente per descrivere il sillogismo di Aristotele come un calcolo!⁽³⁾

Galilei ha fondato la scienza moderna utilizzando in modo innovativo strumenti inventati e utilizzati per diversi problemi: col telescopio ha rinnovato in modo radicale l'astronomia e col linguaggio della matematica (di Euclide) ha rifondato lo studio della fisica. Un ulteriore modo innovativo di usare un linguaggio scritto è stato introdotto nel XVIII secolo dagli illuministi ed è stato concretizzato da Diderot e D'Alembert col loro progetto di scrivere un compendio del sapere umano pubblicato come *Enciclopedia o Dizionario ragionato delle scienze, delle arti e dei mestieri* (*Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*). Una delle caratteristiche innovative di questo progetto è rappresentato dal tentativo di descrivere non solo i contenuti del "sapere" (con l'intento di predisporre una documentazione scritta), ma anche di consentire ai futuri lettori di apprendere il "saper fare" (delle arti e dei mestieri): un mestiere descritto in modo esplicito, completo e non ambiguo può essere appreso da chi conosce il linguaggio specifico usato per la sua descrizione! Con questa opera, Diderot e D'Alembert dimostrano che, utilizzando linguaggi appropriati, è possibile descrivere non solo idee e fatti, ma anche abilità e competenze. Alla conoscenza di questo linguaggio è associato l'atteggiamento mentale per acquisire le corrispondenti competenze: mentalità o pensiero tecnico operativo.

3. Il caso della mentalità computazionale.

Col tempo ci si è accorti che sono i linguaggi specialistici gli strumenti fondamentali per affrontare con successo i problemi di ogni argomento nelle rispettive discipline. La diffusione e l'utilizzo sistematico di questi linguaggi disciplinari ha determinato la formazione di atteggiamenti mentali o di modi specifici per pensare e formalizzare i problemi e per descriverne i metodi di soluzione. Ad ogni linguaggio viene naturalmente associato un modo di pensare e quindi una specifica mentalità.

Hammurabi ha inventato un linguaggio (giuridico) per descrivere come si fa ad emettere sentenze a partire da dati/informazioni che descrivono un fatto. Le persone che hanno studiato, usato e perfezionato questo linguaggio hanno acquisito la mentalità giuridica.

Euclide ha adottato un "linguaggio" per articolare, in geometria, una argomentazione convincente; questo linguaggio (col contributo di Aristotele e con adattamenti, miglioramenti e approfondimenti successivi) ha portato alla creazione della mentalità logica utilizzata non solo in matematica e in filosofia, ma diffusa successivamente in tutte le discipline in cui è richiesta una argomentazione rigorosa.

Continuando ad usare il metodo avviato da Galilei e col contributo di Newton è nata la mentalità scientifica: "ciò che l'esperienza insegna si deve anteporre a qualsiasi ragionamento ancorché assai fondato".

Queste mentalità non sono riservate ai rispettivi specialisti; la mentalità giuridica non la possiedono solo giudici e avvocati: ogni cittadino sa (o dovrebbe sapere!) cosa è la "legge" e sa quindi determinare i suoi comportamenti per non violarla. Così ogni professionista che sa tener conto dell'esperienza per migliorare e aggiornare le sue competenze dimostra di possedere una mentalità scientifica e sa comunicarla ai suoi collaboratori per migliorarne la professionalità; le opportunità e i vantaggi connessi

all'utilizzo della mentalità logica anche in attività quotidiane sono ancora più evidenti delle due citate in precedenza.

Il pensiero computazionale nasce da questa storia ed è l'innovazione concettuale prodotta dall'informatica e si può ritenere l'erede della mentalità evoluta nel tempo originata dalla utilizzazione di linguaggi particolari per descrivere procedimenti e comunicare con altri e coinvolgerli nell'esercizio di arti, mestieri e professioni: il livello di competenze associate al pensiero computazionale è direttamente collegato alla comprensione di ciò che può oggi essere descritto in modo esplicito e effettivo (per esempio con un linguaggio di programmazione) ed essere quindi trasferito come risorsa ad altri (per esempio a un computer).

4. Il pensiero computazionale oggi.

Il ruolo dei linguaggi nel percorso concettuale della formazione di una mentalità computazionale ha subito un primo cambiamento decisivo con la costruzione di calcolatrici capaci di eseguire una sequenza di operazioni elementari in modo autonomo. Il lavoro di queste calcolatrici era determinato da un programma costituito dall'elenco delle operazioni da eseguire; il comportamento della macchina era quindi determinato da questo programma. L'insieme delle operazioni eseguibili con le regole per combinarle è un nuovo linguaggio che si può considerare di fatto un proto linguaggio di programmazione. Questo linguaggio rappresenta una singolarità nella storia della cultura: esso infatti è un linguaggio che può essere interpretato da una macchina: il nocciolo della questione è un linguaggio per il trattamento effettivo (esplicito e non ambiguo) dell'informazione e della comunicazione!

Il pensiero computazionale ha infine acquisito particolare importanza con l'informatica nata dalla definizione di linguaggi (comunemente detti di programmazione) usabili per descrivere ogni procedimento effettivo e dalla costruzione di una macchina (il computer) che può eseguire programmi scritti con questi linguaggi. I campi di applicazione dell'informatica non hanno limite: con i linguaggi di programmazione è possibile emulare la capacità espressiva dei gerghi disciplinari.⁽⁴⁾ Oggi si possono usare linguaggi di programmazione per formulare problemi (*sapere*) e descrivere procedimenti di soluzione (*saper fare*) e si possono utilizzare computer come esecutori. La competenza associata al pensiero computazionale (*saper far fare* a un computer) si può acquisire formalmente con lo studio, ma si deve perfezionare con la pratica e accumulare con l'esperienza.

5. E domani il computer potrà apprendere dalla sua esperienza.

L'Informatica è la disciplina che si occupa dei problemi connessi al trattamento effettivo e automatico dell'informazione digitale, a prescindere dal suo significato (per questo ha forti legami con la logica). L'Informatica è (quindi) nata con la definizione di un linguaggio per descrivere in modo effettivo procedimenti di elaborazione dell'informazione (definizione di algoritmo) e con la costruzione di una macchina per eseguire algoritmi in modo autonomo.

Il piano di lavoro definito dal concetto associato al pensiero computazionale è ora quello di fornire una versione della *Enciclopedia* o *Dizionario ragionato delle*

scienze, delle arti e dei mestieri scritta utilizzando linguaggi di programmazione: con ciò si otterrà che un computer potrà esercitare arti, mestieri e professioni!⁽⁴⁾

L'informatica si presta dunque come strumento linguistico universale per trattare (in modo effettivo e non ambiguo) l'informazione in ogni disciplina. I percorsi culturali che hanno accompagnato l'emergere dell'informatica sono associabili a problemi, strumenti e metodi che sono fondamentali per la gestione digitale automatica ed effettiva dell'informazione.

Nella evoluzione ad ogni salto di complessità organizzativa è corrisposto un conseguente salto nella struttura del linguaggio adatto per descriverne i problemi e le soluzioni; nel passaggio dalla fisica alla chimica è emerso un nuovo linguaggio e la differenza è chiaramente visibile osservando i manuali di queste discipline. Analogo salto di struttura linguistica si ha in corrispondenza del passaggio dalle strutture chimiche a quelle biologiche. Anche nei linguaggi di programmazione e più in generale in quelli usati per descrivere i problemi che devono essere risolti via computer sono avvenuti salti di qualità linguistici che si caratterizzano con il livello di astrazione con cui vengono descritti e formalizzati i problemi.

L'abilità di un computer non sarà più condizionata solo dall'imprinting iniziale (dal corredo di programmi trasmesso dal programmatore), ma potrà dipendere in modo essenziale anche dalla esperienza acquisita con la soluzione di problemi e dalle interazioni con l'ambiente, come già avevano ipotizzato Turing e von Neumann, i pionieri di questa disciplina.⁽⁵⁾

NOTE

(1)Platone (Filebo). Tra tutte queste scienze (ἐπιστήμη) il primato spetta alla **dialettica**, la più alta forma di conoscenza, «in grado di investigare la chiarezza, la precisione, e il massimo grado di verità». Ma, se non sai calcolare non riuscirai a discutere del bene e del male e la tua vita non sarà quella di un uomo, ma quella di un'ostrica o di una medusa.

Aristotele "Se ogni strumento riuscisse a compiere la sua funzione o dietro un comando o prevedendolo in anticipo, come si dice delle statue di Dedalo o dei tripodi di Efesto... e le spole tessessero da sé e i plettri toccassero la cetra, i capi artigiani non avrebbero davvero bisogno di subordinati, né i padroni di schiavi"

(2)Leibniz. Quo facto, quando orientur controversiae, non magis disputatione opus erit inter duos philosophos, quam inter duos computistas. Sufficiet enim calamos in manus sumere sedereque ad abacos, et sibi mutuo (accito si placet amico) dicere: calculamus. (*De scientia universalis seu calculo philosophico*).

(3)Boole. A proposito dell'algebra di Boole, Frege osservava che lo stesso simbolo (indicato con x) poteva essere interpretato come simbolo della moltiplicazione tra numeri, dell'intersezione tra classi o della congiunzione tra proposizioni. Questa algebra è stata introdotta nel 1854 da George Boole col titolo di An Investigation of the Laws of Thought; egli intendeva infatti ricavare possibili indicazioni sulla natura e sulla costituzione della mente umana. Boole ha dimostrato che la deduzione logica poteva essere trattata come un calcolo. Con Shannon, l'algebra di Boole è diventata fondamentale per la descrizione dei circuiti elettronici usati nella costruzione dei computer.

(4)C. Penco: "... Oggi non è nemmeno pensabile studiare lingue naturali e teorie scientifiche senza l'ausilio di qualche formalismo logico-matematico. I linguaggi di programmazione sono diventati uno strumento indispensabile non solo per l'analisi, ma anche per la riproduzione di certe funzioni delle lingue naturali".

(5)K. Iverson, *Notation as a tool for thought*, Comm. of ACM, Vol. 33(8) pp. 444-465 (1980).

«I linguaggi di programmazione, essendo progettati allo scopo di fornire direttive ai calcolatori, offrono importanti vantaggi in quanto strumenti del pensiero. Non solo sono universali (*general purpose*), ma sono anche eseguibili e non ambigui. L'eseguità implica che è possibile utilizzare i calcolatori per effettuare esperimenti su idee espresse in un linguaggio di programmazione, e la mancanza di ambiguità rende possibile precisi esperimenti di pensiero.»

(6) Herbert Simon, uno dei fondatori della disciplina "Intelligenza Artificiale. "Il mio scopo non è stupire o sbalordire, ma è dire che ora nel mondo esistono macchine che possono pensare, imparare e creare. Inoltre, la loro abilità nel fare queste cose aumenterà rapidamente finché, in un prossimo futuro, il campo dei problemi che esse potranno gestire avrà la stessa estensione di quello a cui si applica la mente umana. Il computer può essere istruito e può apprendere dall'esperienza; per questo è più rivoluzionario come idea che come insieme di servizi.

Bibliografia

J. M. Wing: Computational thinking. What and Why. The Link (2011).

Simone Martini: Elogio di Babele, Mondo Digitale, (2), 2008.

P. Philips: Computational thinking, a problem solving tool for every classroom. NECC Atlanta 2007.

P. J. Denning: Great principles of computing. URL: <http://greatprinciples.org>.

Martin Davis: Il calcolatore universale, Adelphi

N. Metropolis e altri: A history of computing in the XX Century

G. Ifrah: The universal history of computing

U. Hashagen e altri: History of computing: Software issues

B. Randell: The Origins of digital Computers

S. Lloyd: Il programma dell'Universo, Einaudi.

Annali della Pubblica Istruzione. 4-5/211. Competizioni di informatica nella scuola dell'obbligo. Le Olimpiadi di Problem Solving. www.olimpiadiproblemsolving.it