

a.a. 2014-15
Introduzione all'Algoritmica per i Licei

0 – Che cos'è un algoritmo?

Elio Giovannetti
Dipartimento di Informatica
Università di Torino

versione 18/12/2014



Quest'opera è distribuita con [Licenza Creative Commons
Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 3.0 Italia](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/it/legalcode).
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/it/legalcode>

"Algoritmo": una parola chiave.

<http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2014/02/12/fuggit-e-e-la-frana-cosi-un-algoritmo.html?ref=search>

<http://www.unita.it/politica/italicum-legge-elettorale-renzi-berlusconi-cuperlo-minoranza-pd-emendamenti-voto-camera-1.550641>

http://www.repubblica.it/salute/ricerca/2013/11/04/news/genetica_un_algoritmo_identifica_varianti_dna_tumori-70212409/?ref=search

http://www.repubblica.it/scienze/2013/02/05/news/argot_algoritmo_per_investigare_dna-52009185/?ref=search

<http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2014/01/20/un-algoritmo-puo-salvare-gli-animali-dallestinzione.html?ref=search>

<http://www.lastampa.it/2014/02/18/societa/lalgoritmo-della-rivoluzione-JN26HjPIKC6ovLLraDoqGO/pagina.html>

<http://www.lastampa.it/2013/09/27/tecnologia/veloce-come-un-colibr-google-rinnova-lalgoritmo-di-ricerca-EbY3w5Md0sWMURILdFIrkN/pagina.html>

http://it.wikipedia.org/wiki/Algoritmo_di_Dijkstra

Anche qualche titolo esagerato ...

<http://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2013/03/13/lalgoritmo-della-felicit.html?ref=search>

"a dificuldade de realizar o simples sobrepasa em complexidade todos os ofícios e técnicas, ou, por outras palavras, **é menos dificultoso conceber, criar, construir e manipular um cérebro electrónico do que encontrar no nosso próprio a simples maneira de ser feliz**"

(J. Saramago, História do Cerco de Lisboa)

<http://www.lastampa.it/2013/11/06/cultura/opinioni/buongiorno/abbasso-gli-algoritmi-1bOTbEDCNspAL4bpmRnNfK/pagina.html>

Un francobollo sovietico dell'Uzbekistan



fonte wikipedia

Mukhammed al'-Khorezmi

Tashkent, monumento ad al-Khwarismi (foto di Simona Castello)



Algoritmi e ... logaritmi

- la parola **algoritmo** deriva dal nome del matematico uzbeko-persiano al-Khwarismi (vissuto intorno all'anno 800), il cui libro "Calcoli con i numerali indiani" descriveva i procedimenti di calcolo per le operazioni aritmetiche con il sistema di numerazione indiano, cioè quelli che ancora oggi studiamo nella scuola elementare;
- è un anagramma di logaritmo; come vedremo, la funzione logaritmo ha un ruolo abbastanza importante nell'analisi degli algoritmi !

Un complesso di edifici (a Sophia Antipolis, Antibes)



Algoritmica per i licei

Quando sono nati gli algoritmi ?

- algoritmi sono stati inventati ben prima della nascita dei calcolatori:
 - uno dei più antichi è l'algoritmo di Euclide per il MCD;



- un altro è il crivello di Eratostene per la generazione dei numeri primi;



L'algoritmica moderna.

- l'algoritmica, ovvero la scienza degli algoritmi, è fin dagli inizi dell'informatica una delle sue discipline centrali, ancora oggi attivo campo di ricerca.



Donald Knuth, padre dell'algoritmica moderna,
autore dell'opera in più volumi (3 pubblicati finora)
The Art of Computer Programming

Che cos'è un algoritmo?

- Informalmente, un algoritmo è un procedimento (di calcolo) ben definito che, assegnato un certo dato o insieme di dati di partenza, genera un dato o insieme di dati costituenti il risultato.
- Il procedimento deve essere descritto in modo **preciso e non ambiguo**, in modo da poter essere eseguito dall'uomo "**meccanicamente**", cioè **applicando le regole senza pensare al significato**, senza alcuno spazio per la creatività.
- Vi sono molti modi per descrivere un algoritmo: l'algoritmo per la divisione in colonna imparato alle elementari è un algoritmo perfettamente specificato a parole.

Algoritmi e macchine

Un algoritmo, essendo un metodo “meccanico”, può essere eseguito da una macchina (μηχανή).

Si possono costruire macchine capaci di eseguire un particolare algoritmo, o un piccolo numero di algoritmi simili; ad esempio, una macchinetta calcolatrice è in grado di eseguire gli algoritmi corrispondenti alle quattro operazioni.

Un calcolatore (in inglese computer) è una **macchina cosiddetta universale**, cioè capace di eseguire – in linea di principio – **qualsunque algoritmo concepibile**, specificato attraverso un programma (espresso in un linguaggio la cui forma dipende dalla macchina).

Un algoritmo, quando viene espresso **in un linguaggio di programmazione**, diventa un **programma**, eseguibile da un **computer**.

Algoritmi e diagrammi di flusso.

- algoritmo **non** è sinonimo di diagramma di flusso;
- i diagrammi di flusso servono per dare in modo preciso, nelle lezioni introduttive, il significato dei costrutti condizionali e iterativi nella programmazione imperativa;
- in generale, però, per specificare un algoritmo o per scrivere un programma, **non** serve fare prima il diagramma di flusso; il metodo dei diagrammi di flusso viene ormai usato solo in ambiti particolari; nessun libro di testo di algoritmi e strutture dati usa diagrammi di flusso;
- naturalmente, all'inizio, se racchiudere un ciclo in una sorta di diagramma con frecce può aiutare l'intuizione, non è vietato!

Che cos'è un algoritmo? Altre definizioni informali.

Un algoritmo è una sequenza finita di istruzioni (che può comprendere istruzioni di ripetizione) eseguendo la quale si ottiene, a partire dai dati in ingresso, il risultato in un numero finito di passi elementari.

Si può avere un procedimento di calcolo ben definito che, preso in input un dato o insieme di dati, genera una successione di passi di calcolo che può terminare con un risultato ma che, per certi input, può anche non terminare (ad esempio un programma che ogni tanto "si pianta").

A rigore, un procedimento di questo genere viene chiamato semi-algoritmo.

Algoritmi e problemi algoritmici.

Un algoritmo, o procedimento di calcolo, deve essere tenuto ben distinto dalla descrizione o specifica del problema che l'algoritmo risolve.

- **Problema algoritmico o specifica algoritmica**: descrive "che cosa" si vuole ottenere.
- **Algoritmo**: descrive "come" fare per ottenere il risultato voluto.

Esempio. Il problema dell'ordinamento: data una sequenza di elementi, farla diventare una sequenza ordinata in ordine crescente (secondo un dato criterio di confronto).

Algoritmi di ordinamento diversi operano in modo diverso per raggiungere tale risultato.

Vi sono tuttavia oggi molti casi in cui la confusione sta nella realtà, nel senso che non vi è una specifica matematica precisa di ciò che si vuole ottenere, e la costruzione di un algoritmo aiuta a precisare matematicamente il problema.

Esempio: gli algoritmi di ranking dei motori di ricerca.

La specifica di un algoritmo di ranking, cioè il problema del ranking, può essere descritto, semplificando un po', così:

- data una domanda costituita da parole o frasi, eventualmente connesse fra di loro per mezzo di operatori logici (AND, OR, NOT, ecc), e dato un insieme W di pagine web con i loro collegamenti (ossia un grafo di pagine web), assegnare ad ogni pagina p di W un valore numerico r che esprime il valore o interesse della pagina come risposta alla domanda.
- in pratica: data un'interrogazione a un motore di ricerca, produrre un elenco di risultati dai più rilevanti in giù.

La definizione precedente è piuttosto vaga, perché il valore o interesse per un essere umano non è definibile in modo preciso. Tuttavia l'algoritmo di ranking di Google, com'è ben noto, ha risposto ai desideri degli utenti molto meglio degli altri, quindi ha risolto il "problema vago" in modo migliore.

Altri esempi.

- Data la sequenza degli acquisti effettuati in passato da un utente presso un venditore on-line (ad es. Amazon), dare come risultato un insieme di nomi di prodotti (ad es. titoli di libri, cd, dvd) al cui acquisto quell'utente potrebbe essere interessato.
- Data la lista delle pubblicazioni di un ricercatore, e dato un insieme di nomi di congressi, riviste, case editrici ecc. associati ciascuno ad un valore numerico, attribuire un valore numerico al ricercatore.
- Data la lista dei voti degli esami di uno studente, calcolarne la media ai fini dell'esame di laurea.

Nota: gli ultimi due esempi, a differenza dei primi, sono dal punto di vista algoritmico banali, perché per essi l'algoritmo è semplicemente il calcolo di una pur complicata formula matematica costruita con le sole quattro operazioni.

Altri esempi.

- L'algoritmo **EdgeRank** di Facebook, che determina quali post degli amici e followers ciascun utente vede.
- L' "algoritmo delle elezioni" per la Camera dei deputati, ossia algoritmo per l'assegnazione dei seggi alla Camera sulla base dei voti espressi dagli elettori.
- Gli algoritmi che cercano di ottimizzare il guadagno in borsa di un grande investitore ("**algorithmic trading**"), in particolare quelli che operano effettuando transazioni (cioè acquisto e vendita di titoli) a distanza di secondi o frazioni di secondo (**high-frequency trading**).

Problemi algoritmici ben definiti.

I problemi filosofici, economici, sociali, ecc. posti dal ruolo sempre maggiore da tale genere di algoritmi nella vita di tutti i giorni sono notevoli.

Nei corsi universitari di base di introduzione agli Algoritmi ci si occupa soprattutto degli algoritmi che risolvono problemi algoritmici ben definiti.

Ecco perché è importante avere chiara la distinzione, sopra menzionata, fra **problema** e **algoritmo**.

Tuttavia nella realtà produttiva anche quando si vuole creare un'applicazione software (un programma) per uno scopo ben preciso, può essere non banale identificare esattamente qual è il **problema algoritmico** da risolvere.

Calcolabilità e complessità.

- Nella prima metà del '900 si è arrivati a definire esattamente il concetto di calcolabilità, cioè a distinguere esattamente fra problemi algoritmici risolubili (almeno in linea di principio) da algoritmi, e problemi algoritmici insolubili, quali il problema della terminazione, il problema dell'equivalenza fra programmi, ecc.
- Nella seconda metà del '900, con lo sviluppo della teoria della complessità computazionale, si è individuata la distinzione fra ciò che è "praticamente" calcolabile, cioè calcolabile in un tempo e spazio di memoria ragionevoli, e ciò che non lo è, pur essendo calcolabile in linea di principio.
- Il famoso problema teorico da un milione di dollari, $P = NP?$, ha a che vedere con tale distinzione.

Riassumendo: problemi algoritmici e algoritmi

- Un algoritmo è un metodo meccanico per risolvere un problema (o meglio un tipo di problema).
- Trovare (inventare) un algoritmo per risolvere (in maniera efficiente) un problema, è un'attività non meccanica e non meccanizzabile ! è un'attività che richiede "intelligenza" !
- Non esiste un metodo meccanico (cioè un algoritmo!) che permetta, dato un problema, di trovare un algoritmo che risolva tale problema.
- "Programming is mathematics made real": programmare è un'attività che può richiedere, in piccolo, lo stesso tipo di qualità che sono richieste a un grande matematico.
- Hilbert, l'eccelso matematico vissuto fra '800 e '900, a proposito di un suo ex-allievo: "Si è dato alla poesia. Aveva troppo poca fantasia per fare il matematico."

Conclusione

Programmare è una forma di artigianato, con tecniche e regole, che richiede però una "disciplinata creatività".

La creatività e l'intelligenza da sole non bastano: negli anni sono state sviluppate molte tecniche per risolvere i problemi algoritmici, tecniche delle quali occorre impadronirsi (se no si rischia di fare grandi sforzi per reinventare la ruota).

Lo studio a memoria da solo non basta, appunto perché non si tratta di imparare ad applicare meccanicamente delle regole.

Questo, però, vale per ogni attività umana interessante ...