

Fabrizio Luccio. Informatica per le Biotecnologie

0 INTRODUZIONE

Cari studenti, se per ragioni di necessità o gusto personale il vostro unico e rispettabilissimo scopo è superare l'esame, potete tranquillamente saltare questa introduzione. Ma poiché per la maggioranza di voi il periodo dello studio potrebbe concludersi all'università, e poiché gli algoritmi sono i principali attori di questo corso, vorrei parlarvi brevemente dell'origine stessa del termine, sconosciuto ai più fino a pochi anni fa e che ora circola ovunque non sempre a proposito: termine legato al nome di uno dei più grandi scienziati della storia, cresciuto in un luogo e in un ambiente magici e irripetibili. Dunque, se vi va, buona lettura anche dell'introduzione. Se qualcuno di voi volesse approfondire l'argomento, ma la cosa diviene parecchio impegnativa, il miglior riferimento, pur con qualche imperfezione matematica, è il voluminoso saggio storico di S.Frederick Starr pubblicato da Princeton University Press nel 2013, di cui esiste l'ottima (e costosa) traduzione in italiano: "L'illuminismo perduto. L'età dell'oro dell'Asia centrale dalla conquista araba a Tamerlano". A questo libro mi sono largamente ispirato per scrivere la breve nota seguente.

Dixit Algorithmi

Nei primi decenni del XII secolo il filosofo Adelardo di Bath lasciò la natia Inghilterra per lunghe peregrinazioni in cerca delle più profonde fonti del sapere. In particolare era noto che gli scienziati e i filosofi arabi avevano raggiunto da secoli mete sconosciute all'Europa medievale costruendo le loro opere su quelle della Grecia classica che erano state in gran numero tradotte in arabo¹. Attraversate la Francia e l'Italia Adelardo raggiunse le coste del Mediterraneo orientale e tornò in patria con molte copie di testi in arabo, alcuni dei quali erano stati scritti duecento anni prima da uno dei più grandi uomini

¹Dall'VIII secolo, prima i persiani poi gli arabi avevano istituito grandi centri di traduzione di opere classiche, in particolare greche e indiane: prime tra tutte quelle di Aristotele considerato il "primo maestro". Solo attraverso le traduzioni in arabo molti classici greci sono poi tornati in Europa ove gli originali erano perduti.

di scienza che il mondo abbia conosciuto: **Abū Ja'far Muhammad Ibn Mūsā al-Khwārizmī**, letteralmente Muhammad, padre (Abū) di Ja'far, figlio (Ibn) di Mosè, proveniente da Khwārizm. Brevemente citato come **al-Khwārizmī**, secondo la *nisba*, cioè provenienza, con cui nell'uso arabo ancor oggi si indicano spesso le persone.

Tra le opere di al-Khwārizmī di cui Adelardo curò la traduzione in latino ve n'è una senza titolo in cui si descrive il sistema di rappresentazione indiano dei numeri in notazione posizionale con lo zero, che per questa via fu introdotta in Europa con il nome improprio di numerazione araba; e si sostiene l'importanza di quella notazione indicando come utilizzarla nelle operazioni aritmetiche al posto dei numeri romani inefficientissimi a tale scopo. Adelardo apre la traduzione con le parole: *Dixit Algorithmi*, asserendo nella latinizzazione del nome dell'autore la assoluta autorità di questo. Da allora il termine *algorithmus* entrò (molto lentamente) nell'uso in Europa per indicare via via non più l'autore ma i procedimenti di calcolo da lui descritti.

Secondo la *nisba* lo scienziato proveniva dalla regione di Khwārizm in Asia centrale ², zona che nella geografia politica di oggi si estende tra l'Iran nord-orientale, l'Afghanistan nord-occidentale, e il Turkmenistan meridionale, e che vantava importantissime città come Nishapur, Balkh e Merv tra tante altre che oggi sono note solo all'archeologia (vedi mappa nella figura 1). Qui sarebbero fiorite con straordinario fervore le scienze principali del tempo inquadrato nella "filosofia" (*al-falsafa*), in particolare la matematica, l'astronomia e la medicina, ma anche l'antropologia, la sociologia, la psicologia, la politica, dando i natali a una numerosissima schiera di grandi studiosi.

Tutti gli adepti di *al-falsafa* difendevano la forza della ragione dai possibili attacchi di tutte le religioni conviventi nell'area, cercando di dimostrare, forse con più opportunismo che sincerità, che ragione e dogmi potevano convivere perché si rivolgevano a diversi livelli della conoscenza; finché poco a poco l'intransigente Islam radicale spense un movimento culturale paragonabile ai più importanti eventi della storia dell'uomo. La regione era inclusa nel Khorasan, in persiano la

²Il nome della regione si trova formulato in modi differenti nel nostro alfabeto a seconda della lingua in cui viene pronunciato, tra le tante parlate in quell'area.

”Terra dove nasce il sole”. Una terra assai più vasta, che nel corso di quattro secoli si sarebbe largamente estesa verso nord-est fino a includere praticamente tutta l’Asia centrale, dalla Persia al confine con la Cina, divenendo nei fatti uno stato sovrano che manteneva solo un’incerta dipendenza formale dal califfato arabo.

Se le opere di al-Khwārizmī sono notissime, poco si sa della sua vita. Nacque nel 780 nella Corasmia, la distesa di deserti a sud-est del lago d’Aral. La sua lingua d’origine era una forma di antico persiano. Studiò a Merv, importantissima città turcofona del Khorasan collocata nel Turkmenistan di oggi e principale centro culturale dell’Asia di quel tempo, precedentemente distrutta dai conquistatori arabi ma rapidamente rifiorita sotto gli Abbasidi tanto che il Califfo al-Ma’mun vi aveva stabilito la sua sede. Presumibilmente a Merv al-Khwārizmī apprese l’arabo, lingua in cui avrebbe redatto tutte le sue opere. Verso i quarant’anni, perfettamente formato come matematico e astronomo, si trasferì a Baghdad dove al-Ma’mun era tornato fondando e frequentando egli stesso una ”Casa dell Sapienza” in cui gli studiosi potevano perseguire le loro ricerche senza alcun condizionamento, sostenuti anche economicamente dallo stato. Una straordinaria Accademia frequentata in prevalenza da studiosi del Khorasan, ma anche da arabi, da ebrei e cristiani provenienti da ovest e buddisti provenienti da est; e che due secoli più tardi sarebbe caduta sotto i colpi dell’Islam sunnita che anteponeva i dogmi alla libera ragione. Nell’ 850 al-Khwārizmī morì a Baghdad, 1500 km a ovest del Khorasan; e anche su questa città è opportuno fornire qualche notizia.

Fondata con il nome di Medinat al-Salam (Città della Pace) nel 762 sul Tigri, nell’Iraq di oggi, Baghdad vide la luce per ordine del califfo di allora al-Mansūr, in una landa desolata indicata da alcuni astrologi venuti da Merv. Benché in territorio arabo, anche gli architetti e i tecnici che progettaron la città e diressero i lavori, e in genere le persone di cultura, venivano dal lontanissimo Khorasan. E tra esse ebbero massima importanza i membri della famiglia Barmak di Bal-kh, nell’Afghanistan di oggi: buddisti convertiti all’Islam divennero i principali consiglieri del califfo e in pochi anni dettero origine allo studio delle scienze, all’industria libraria e alla traduzione in arabo dei

classici greci e indiani. Alla morte di al-Mansūr nel 775 divenne califfo il nipote ventenne Hārūn al-Rashid, ricordato nelle *Mille e una notte* assieme al Visir Ja'far, che dette ricchezza e lustro incomparabili al mondo arabo. Alla morte di Hārūn il califfato fu diviso tra i suoi due figli al-Amim (a Baghdad) e al-Ma'mūn (a Merv, come già detto) che presero immediatamente a fronteggiarsi con le armi finché al-Ma'mūn, appoggiato dalle fortissime milizie turcofone, ebbe il sopravvento uccidendo il fratello e riunificando il califfato a Baghdad ove si insediò nell' 819. E qui giunse anche al-Khwārizmī.

In brevissimo tempo dopo la fondazione, e soprattutto dopo il ritorno di al-Ma'mūn, Baghdad divenne la città più popolosa del mondo, con un travolgente fiorire di attività culturali che per volume e probabilmente qualità non ha avuto uguali nella storia dell'uomo. E tra le innumerevoli opere scientifiche ivi pubblicate da tanti autori, quelle di al-Khwārizmī spiccano per importanza sia teorica che pratica.

Con sorprendente semplicità al-Khwārizmī introduce meccanismi matematici nuovi attraverso una serie di problemi di natura varia, dall'ingegneria edile alla vita sociale, dalle regole giuridiche alla costruzione di congegni meccanici. Il suo famoso testo di matematica, che prese in occidente il titolo di *Algebra* in assonanza al suo metodo *al-jabr* (completamento) per la riduzione dei termini delle equazioni, descrive, rinnova e amplia in modo fondamentale i metodi di soluzione delle equazioni di primo grado e alcune del secondo intrapresi ai tempi dei babilonesi, costruendone una vera e propria teoria basata sui radicali. Un suo monumentale testo di *Tavole Astronomiche* esamina con estrema precisione il moto del sole, della luna e dei pianeti conosciuti arrivando a ipotizzare che i pianeti si muovano su orbite ellittiche e non circolari. Il *Libro sulla forma della Terra* che amplia opere greche già note descrivendo la geografia del mondo con la ridefinizione di terre emerse e oceani e la locazione precisa di luoghi e città, divenne anche in Europa il riferimento di base di ogni studio geografico.

Non è questa l'occasione per descrivere altre opere di al-Khwārizmī e di tanti importanti studiosi di quel tempo e luogo, ma mi sembra obbligatorio citarne brevemente almeno altri quattro che nel corso di quattro straordinari secoli, dal 750 al 1150 circa, influenzarono in mo-

do determinante i successivi studi in Europa stabilendo un autentico ponte tra la cultura classica e il pensiero moderno. Sono, in ordine di tempo:

Ahmad ibn Muhammad ibn Muhammad al-Farghānī (797-870); brevemente **al-Farghānī**, o Alfraganus in Europa, per l'astronomia;

Abū Nasr Muhammad ibn Muhammad al-Farābī (870-950); brevemente **al-Farābī**, o Alfarabius in Europa, per la politica e la musica;

Abū 'Ali al-Husayn ibn Sīnā (980-1037); brevemente **ibn Sīnā**, o Avicenna in Europa, per la medicina;

Abū 'l-Fath Omar ibn Ibrahīm al-Kayyām Nīshāpūrī; brevemente **Omar Khayyām** (1048-1131), per la poesia e la matematica.

Al-Farghānī, giunto a Baghdad da Merv al seguito del califfo al-Mamūn, si distinse per accurati calcoli di astronomia pubblicando un compendio dell'*Almagesto* di Tolomeo aggiornato con le sue ultime scoperte. Il trattato, divenuto famoso in Europa, fu il principale riferimento per Dante sulle nozioni astronomiche nella Divina Commedia e nel Convivio, e fu utilizzato due secoli dopo da Cristoforo Colombo per convincere la corte spagnola sulla correttezza della sua proposta di viaggio.

Al-Farābī si formò a Bukhara nell'Uzbekistan, città dove l'Islam sciita sempre in fluida attesa dell'Imam consentiva maggiore libertà di pensiero. Nella maturità si trasferì a Baghdad. Le sue considerazioni sull'ambito dell'indagine razionale separata dalla nozione di Dio come Primo motore immobile furono riprese dall'ebreo Maimonide e dal cristiano Tommaso d'Aquino, da Dante e da Kant. Pensatore inflessibile aveva concepito un trattato sul governo delle città ispirato al pensiero platonico, che costituiva un'implicita e coraggiosa critica del califfato; e per pubblicarlo si trasferì definitivamente a Damasco sotto la protezione dei Fatimidi sciiti. Come curiosità ricordo che, virtuoso suonatore di liuto, scrisse un *Grande libro della musica* sulla teoria musicale e la sua relazione con la matematica la cui traduzione divenne

base della musicologia europea. Nonostante le sue idee antidogmatiche in urto con l'Islam sunnita, e benché provenisse dal Khorasan, al-Farābī è considerato dalla maggioranza degli arabi il loro massimo filosofo.

Ibn Sīnā, noto in tutta Europa come Avicenna, era cresciuto anche lui a Bukhara e iniziò sin da ragazzo a emergere come brillantissimo polemista in molti campi del sapere. Tra le sue opere il *Canone della medicina* tradotto in latino ebbe larghissima circolazione in Europa nei secoli seguenti dando i natali a una medicina autenticamente scientifica, e fu adottato in India come base di una scuola medica intestata al suo nome. Oltre a descrivere i trattamenti pratici per centinaia di malattie, il trattato emergeva come assoluta novità per l'esame degli effetti dell'ambiente sulla salute e per il riconoscimento dei disturbi psicosomatici come attinenti alla medicina, da cui forse si potrebbero ancora trarre utili consigli.

Omar Khayyām è conosciuto in Europa specialmente come poeta per le sue bellissime *quartine* apertamente critiche sull'incoerenza della religione dogmatica, ispirate ai piaceri della vita, alla meditazione sulla morte e ai limiti della ragione. Ma ha lasciato uno stupefacente trattato di matematica dove affronta per la prima volta la teoria delle equazioni di terzo grado e la possibilità di concepire una geometria non euclidea, anticipando concetti che l'Europa avrebbe "scoperto" molti secoli dopo.

È opportuno sottolineare che tutti questi studiosi provenivano dal Khorasan mentre moltissimi libri di storia e di scienze parlano delle loro opere come frutto della cultura araba. Gli studiosi del Khorasan scrivevano in arabo che era a quei tempi la lingua colta in tutti i paesi che gli arabi avevano conquistato, come avveniva con il latino in Europa e con l'inglese oggi, ma provenivano da una zona molto circoscritta del mondo ove la cultura era prevalentemente protopersiana e prototurca: con le parole del saggio di Fredrick Starr, considerare arabi questi studiosi è come considerare britannico uno scienziato giapponese che scrive in inglese i suoi articoli.

al-Shayyan, l'incognita

Una caratteristica unica del trattato sull'algebra di al-Khwārizmī è il linguaggio praticamente privo di formule, tanto che le equazioni, pur risultando chiarissime da comprendere ed elaborare, vi sono descritte solo a parole. E tra queste ha un ruolo di base la parola *al-Shayyan*, letteralmente "qualcosa", o "l'incognita" nel nostro linguaggio matematico. Ed ecco una curiosità che non troverete nei libri.

Nella matematica di tutto il mondo, oggi anche in Cina e nei paesi arabi, l'incognita di un'equazione si indica con la lettera x . Nelle formule matematiche arabe, rielaborate principalmente in Spagna nell'XI secolo, la lettera era la *Shīn* con cui inizia la parola *Shayyan*. Nella pronuncia italiana la *Shīn* ha il suono *sc* di scimmia, ma non ha suono corrispondente in spagnolo. Per questo in Spagna fu scelta la lettera greca χ (chi), che prese poi la forma della x , graficamente molto simile e presente nella maggioranza degli alfabeti impiegati in Europa. E da allora l'incognita è x per tutti i matematici.³

³In alcuni libri di matematica, e sistematicamente su Web, si trova scritto che la scelta della x per indicare l'incognita si deve a Cartesio: che però visse nel 1600

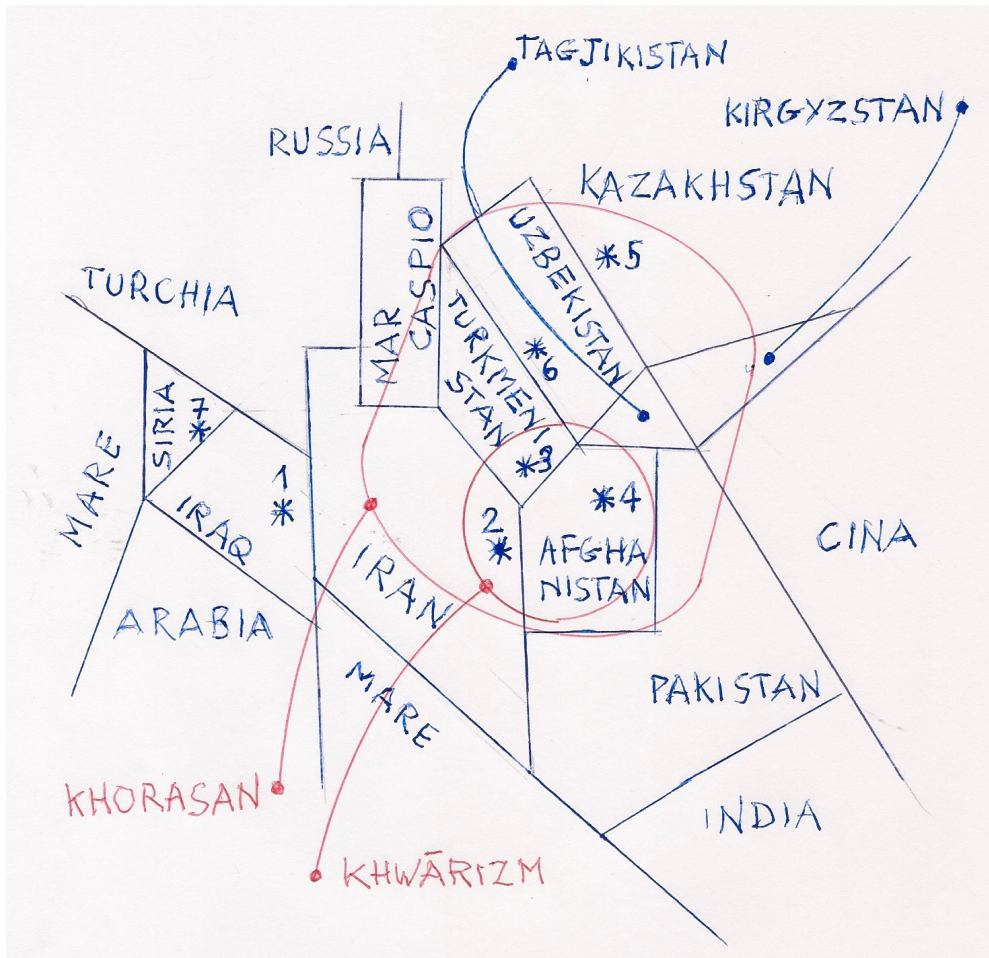


Figura 1: Asia centrale poligonale. Geografia politica attuale con indicazione delle città medievali: 1.Baghdad, 2.Nishapur, 3.Merv, 4.Balkh, 5.Farāb, 6.Bukhara, 7.Damasco.