

## Prefazione

---

Scrivendo Dostoevskij "Un uomo che della sua infanzia può ricordare cose buone è salvo per la vita". Pur con le giuste distinzioni, e senza pretendere un obiettivo tanto elevato, potremmo dire che anche per lo studente nella sua "infanzia universitaria" è importante una solida formazione di base. Questo testo nasce dall'esperienza degli autori nell'ambito di corsi con varia denominazione per corsi di laurea differenti, corsi con denominazioni del tipo *Calcolo numerico*, *Analisi numerica*, *Metodi di approssimazione*, *Laboratorio di Calcolo Numerico* e simili: corsi di base e corsi avanzati.

Abbiamo quindi deciso di riunire queste esperienze in un testo riguardante il *Calcolo scientifico*. Il nome non è uno slogan pubblicitario ma rispecchia la pervasività degli algoritmi numerici nelle scienze applicate. Non solo nelle discipline che hanno sempre avuto un intreccio molto forte con la Matematica (quali la Fisica, l'Ingegneria o l'Informatica), ma anche nelle discipline all'apparenza lontane, per esempio la Biologia o la Chimica. Non è raro, anche se soprattutto all'estero (almeno per ora), incontrare corsi universitari con nomi quali *Chimica computazionale* o *Algoritmi in Biologia molecolare*, *Biomatematica* o *Metodi matematici nei mercati finanziari*. Il ricorso a modelli di tipo matematico è sempre più frequente e risulta spesso essere uno strumento utile ed efficace per lo studio di situazioni reali.

In generale un *modello* è un oggetto, un concetto, uno strumento utilizzato per rappresentare qualcosa d'altro. La costruzione di modelli concettuali è la base dell'indagine scientifica. Un modello matematico ricorre a componenti quali variabili, funzioni, parametri, costanti, relazioni funzionali. Tipicamente vi sono vari passi da fare per analizzare, modificare, migliorare, convalidare, risolvere un modello matematico.

- Sviluppo del modello, spesso espresso con un insieme di equazioni di qualche tipo, del fenomeno che ci interessa.
- Analisi della risolubilità del modello e delle proprietà della soluzione.
- Sviluppo di un algoritmo (procedimento) per risolvere il modello numericamente.
- Analisi e implementazione tramite un calcolatore elettronico dell'algoritmo proposto.
- Simulazione numerica del fenomeno utilizzando gli algoritmi implementati.
- Rappresentazione dei risultati in forma comprensibile (per esempio, attraverso una opportuna grafica).
- Interpretazione e validazione dei risultati ottenuti: eventuali correzioni in uno dei passi precedenti (modello, algoritmo, implementazione).

In modo forse un po' grossolano, potremmo dire che scopo principale del Calcolo Scientifico consiste nell'occuparsi del terzo, quarto e quinto passo: sviluppo, implementazione, analisi e uso degli algoritmi numerici. In realtà questa non vuole essere una definizione anche perché dall'esperienza fatta ci sembra opportuno consigliare, soprattutto al lettore matematico, un approfondimento culturale delle tecniche e dei metodi per lo sviluppo di modelli (questo comporta un lavoro "gomito a gomito" con persone di settori differenti) e per l'analisi degli stessi.

Questo testo vuole essere un testo introduttivo ai metodi e ai problemi del Calcolo Scientifico. Molti argomenti sono solo accennati o trattati in forma di esercizio o di esempio. Di cosa parleremo? Parleremo di algebra lineare numerica, di approssimazione di dati e funzioni, di formule di quadratura, di ottimizzazione, di equazioni non lineari, di metodi probabilistici, di equazioni differenziali. Abbiamo cercato per i vari argomenti di fornire le idee di base e i metodi classici, oltre che dare qualche indicazione riguardante approcci più recenti e promettenti. Per quanto riguarda i metodi probabilistici va notato che sono raramente presenti nella letteratura di base relativa al Calcolo Numerico. Ci è sembrato invece opportuno inserire un capitolo che li riguarda per la loro crescente importanza e per il fatto che possono affiancarsi ai corsi di base di Calcolo delle Probabilità o Statistica che sempre più spesso vengono inseriti tra i corsi di base di materie scientifiche.

A quale pubblico si rivolge il testo? A studenti e docenti dei corsi di base che coinvolgono in qualche modo il Calcolo Scientifico. Naturalmente il materiale qui riportato, pur essendo ridotto rispetto agli argomenti possibili concernenti il Calcolo Scientifico, difficilmente può essere svolto nell'ambito di un unico corso. I docenti dovrebbero selezionare, in base alla provenienza e al tipo di formazione richiesta, alcuni argomenti oppure fare una cernita all'interno di qualche argomento più ampio. Anche lettori "occasionalmente" dovrebbero comunque trovare in questo testo materiale sufficiente per un proprio aggiornamento.

In tutto il libro ci siamo serviti, per l'implementazione degli algoritmi proposti, del sistema <http://www.mathworks.com/http://www.mathworks.com/> (MATLAB è un marchio registrato della MathWorks, Inc. <http://www.mathworks.com>). Dalla nostra esperienza di insegnamento ci sembra che questo strumento incoraggi e agevoli gli studenti nella sperimentazione delle idee matematiche proposte. MATLAB fornisce sia un linguaggio ad alto livello per il Calcolo Scientifico che un ambiente interattivo in cui il tipo di dato elementare di base è la matrice (MATLAB sta per *MATrix LABoratory*). Siamo comunque consapevoli della critica usuale che si muove a MATLAB: offrire algoritmi di calcolo "a scatola chiusa". In realtà in questo testo si utilizzerà MATLAB anche per la sua semplicità e certe procedure di base sono facilmente utilizzabili (per esempio, date due matrici per moltiplicarle si usa una sintassi simile a quella della moltiplicazione di due numeri reali senza preoccuparsi di cicli o strutture dati). Ovviamente per metodi più raffinati, o su cui l'utente vuole effettuare un certo controllo, nuovi

programmi possono essere scritti ampliando e arricchendo l'ambiente MATLAB. Il primo capitolo sarà quindi dedicato, oltre che ad alcuni concetti di base dell'Analisi numerica, ad una introduzione a MATLAB. Non sarà un manuale completo di questo strumento (per questo si rimanda ai manuali originali della Mathworks) ma una rapida guida che permetta di accedere subito all'ambiente di lavoro di MATLAB. Solitamente un testo di matematica dovrebbe essere letto tenendosi vicino carta e matita; questo testo dovrebbe essere letto accompagnandosi con carta, matita e calcolatore. Non sono richiesti prerequisiti di programmazione anche se il lettore con qualche esperienza informatica sarà ovviamente agevolato. Tutti i programmi MATLAB riportati nel testo saranno disponibili presso il sito del libro stesso: <http://www.mcgraw-hill.it/naldi>

Il sito in rete del libro è un altro punto a cui teniamo. Oltre ai file MATLAB il lettore vi potrà trovare le soluzioni degli esercizi proposti e un elenco di link utili suddivisi per argomento. Il sito vorrebbe proporsi come punto di riunione utile per gli studenti, docenti o qualsiasi lettore di questa opera per suggerimenti, segnalazione di errore, indicazioni. Da parte nostra ci impegniamo in un aggiornamento periodico delle informazioni contenute nel sito stesso.

Difficilmente si può scrivere un'opera perfetta e anche in questo testo è possibile incontrare errori di varia natura: saremo grati a chiunque voglia segnalarceli.

Infine vogliamo ringraziare tutte le persone, amici e colleghi, che ci hanno insegnato "cose buone" sperando di averne fatto buon uso (evitiamo liste per non incappare in imbarazzanti dimenticanze). Ringraziamo gli studenti che, nel corso degli anni, con le loro osservazioni, dubbi e richieste ci hanno costretto a chiarire concetti e metodi, speriamo che questo libro ne risenta positivamente. Un ringraziamento inoltre alla dottoressa Chiara Tartara della McGraw-Hill Companies, senza la sua severa redazione non saremmo probabilmente riusciti a concludere quest'opera.

Dostoevskij scriveva che "la bellezza salverà il mondo", non sappiamo se siamo riusciti a scrivere un bel libro. Se qualche lettore avrà trovato un certo gusto per le materie qui trattate, sperimentando, studiando e approfondendo sarà già un bel successo.

*Giovanni Naldi  
Lorenzo Pareschi  
Giovanni Russo*

---