
Prefazione

La teoria degli Automi è nata in relazione a due problematiche completamente diverse. La prima sviluppata nell'ambiente logico-matematico riguarda la formalizzazione nel modo più generale possibile della nozione di algoritmo. Contributi fondamentali in questa direzione sono stati dati verso la fine degli Anni '30 da logici quali A.M. Turing, A. Church e S.C. Kleene.

La seconda problematica ebbe origine verso la metà degli Anni '40 ad opera del neurofisiologo W. McCulloch e del matematico W. Pitts in un ambito che potremmo definire Cibernetico. Essa riguardava la possibilità di fornire una descrizione matematica del funzionamento delle cellule nervose, o neuroni, e delle reti di neuroni.

Dai due predetti filoni di ricerca nacquero e si svilupparono due teorie di grande interesse sia per la Matematica che per la scienza del calcolo, o Informatica. La prima è la teoria generale della calcolabilità basata sulla nozione di Automa, o Macchina, di Turing, la seconda è la teoria degli Automi finiti. La differenza fondamentale tra gli Automi di Turing e gli Automi finiti risiede nella capacità di memoria. Questa è potenzialmente infinita nelle macchine di Turing nel senso che può accrescersi quanto si vuole se le esigenze di calcolo lo richiedono, mentre è fissa nel caso degli automi finiti.

A partire dal lavoro di McCulloch e Pitts la teoria degli Automi finiti ebbe un grande sviluppo sul piano matematico. Un primo passo fondamentale dovuto a Kleene fu quello di presentare una nozione astratta di automa svincolandola dal linguaggio delle reti neurali. Egli tra l'altro dimostrò un teorema fondamentale della teoria cioè la coincidenza della classe dei linguaggi (o eventi) riconoscibili da parte di un automa finito e la classe dei linguaggi razionali (o eventi regolari).

Successivamente apparvero nella letteratura oggetti matematici denominati Automa di Mealy e Automa di Moore che riproducevano con qualche variante o tentativo di maggiore rigore formale l'idea fondamentale del lavoro di Kleene. Il primo lavoro che può ritenersi una esposizione chiara ed abbastanza esauriente della teoria degli Automi finiti è l'articolo di M.O. Rabin e D. Scott del 1959.

Stabiliti i risultati fondamentali della teoria, successivamente si è cercato di dare ad essi una veste sempre più matematica svincolata al massimo dal linguaggio ingegner-

resco della teoria delle macchine digitali. Verso la metà degli Anni '60 si comprese ad opera di matematici quali M.P. Schützenberger, R. McNaughton e S. Eilenberg che il linguaggio matematico adatto a descrivere gli automi finiti è la teoria dei semigrupp e dei monoidi. Da questo punto di vista un automa finito può essenzialmente ridursi ad un morfismo di un monoide libero in un monoide finito ed il teorema di Kleene può interpretarsi quale un profondo teorema di teoria dei monoidi.

In questo volume si fornisce una presentazione rigorosa della teoria degli automi finiti e delle macchine sequenziali generalizzate nell'ambito della teoria algebrica dei semigrupp. Si noti che quest'ultima teoria non è adatta a descrivere le macchine di Turing o macchine di potenza intermedia tra gli automi finiti e le macchine di Turing.

Il volume è nato ed è cresciuto raccogliendo materiale didattico sviluppato nei corsi di Lezioni di Algebra Superiore e di Informatica Teorica tenuti dal secondo autore (A. de Luca) rispettivamente presso le Università di Napoli (1980-85) e di Roma La Sapienza (1985-2003) e nel corso di Teoria degli Automi tenuto dal primo autore (F. D'Alessandro) presso l'Università di Roma "La Sapienza" (dal 2003 ad oggi).

Il volume si articola in sette capitoli. Ogni capitolo ha una breve introduzione, una sezione di esercizi ed una di note bibliografiche. La risoluzione della maggior parte degli esercizi è riportata alla fine del volume. I primi tre capitoli trattano alcune parti della teoria dei semigrupp che sono di interesse per la teoria degli automi. Nel Capitolo 1 oltre alle nozioni di base di teoria dei semigrupp, si introducono le famiglie delle parti riconoscibili e razionali di un semigrupp e le nozioni di congruenza sintattica e di equivalenza di Nerode di una parte di un semigrupp. Il Capitolo 2 è dedicato alla teoria di Green dei semigrupp. Il Capitolo 3 riguarda la teoria dei semigrupp liberi e dei codici. Si introducono la nozione di linguaggio formale e le operazioni fondamentali sui linguaggi.

I capitoli dal quarto al settimo sono dedicati alla trattazione di alcune problematiche di fondamentale importanza nella teoria degli automi. Il Capitolo 4 è dedicato allo studio della riconoscibilità e della razionalità dei linguaggi. Si dimostrano i teoremi fondamentali di Kleene e di Myhill-Nerode. Si fornisce una caratterizzazione dei linguaggi riconoscibili in termini di grammatiche. Si considerano inoltre i codici razionali, gli automi sincronizzanti e gli automi a due vie. Nel Capitolo 5 si studia l'equivalenza di automi e l'automa minimale di un linguaggio razionale. Il Capitolo 6 tratta delle espressioni razionali ristrette ed estese e dei problemi della profondità dell'operatore stella. Si dimostrano due teoremi fondamentali. Il primo di F. Dejean e Schützenberger sulla profondità dell'operatore stella per i linguaggi razionali descritti da espressioni razionali ristrette e il secondo di Schützenberger sui linguaggi aperiodici e i linguaggi razionali descritti da espressioni razionali estese senza stella. Il Capitolo 7 è dedicato alla teoria delle relazioni razionali e alle macchine sequenziali generalizzate (o trasduttori razionali). Si fornisce infine un breve lineamento della teoria della decomposizione degli automi e dei semigrupp di K. Krohn e J.L. Rhodes.

Uno degli obiettivi del volume è quello di far conoscere e di diffondere la teoria algebrica degli automi nel mondo matematico italiano. Un secondo obiettivo è quello di fornire, agli studenti dei corsi di laurea magistrale in Matematica, in Informatica ed in Ingegneria, un testo in grado di presentare gli automi finiti utilizzando un linguaggio matematico rigoroso. Il testo si rivolge parimenti agli studenti dei corsi di

dottorato e di master in Matematica, in Informatica ed in Ingegneria, interessati ai risultati fondamentali della teoria. La lettura del volume presuppone solo conoscenze elementari di Algebra.

Napoli e Roma, maggio 2013

Aldo de Luca
Flavio D'Alessandro

Teoria degli Automi Finiti

de Luca, A.; D'Alessandro, F.

2013, XI, 323 pagg., Softcover

ISBN: 978-88-470-5473-8