

Zibaldone di pensieri sull'evoluzione storica dell'Automatica

Sergio Bittanti *Politecnico di Milano*

Sono qui raccolti alcuni pensieri sulle principali vicende che hanno scandito lo sviluppo dell'Automatica, una raccolta di riflessioni personali dell'autore sull'evoluzione storica della disciplina, da Maxwell a Kalman, fino ai nostri giorni

Sono qui raccolti alcuni pensieri sulle principali vicende che hanno scandito lo sviluppo dell'Automatica, con particolare riferimento agli eventi che si sono svolti o sono stati organizzati in Italia. Non si tratta certo della "storia ufficiale" del settore, ma solo di una raccolta di riflessioni personali. Chi scrive ha avuto un doppio privilegio: da un lato quello di poter vivere in prima persona alcuni di questi eventi, di cui è quindi "testimone oculare", e, dall'altro, di aver potuto incontrare molti validissimi studiosi del settore, alcuni dei quali non sono più con noi. Nello stendere queste note, auspicio di essere stato fedele interprete del loro pensiero e dei loro intendimenti. Ai nostri predecessori ci accomuna il fine principale della nostra azione, quello di far crescere una valida scuola, nel segno del celebre motto leonardesco "triste il maestro che non ha allievi migliori di lui".

James Maxwell, il regolatore e gli anelli di Saturno

Molti sono gli ingegnosi sistemi di controllo automatico concepiti dall'uomo. Vorremmo qui soffermarci sul *regolatore centrifugo*, o *regolatore di Watt* (Figura 1), che è diventato una sorta di icona

dell'Automatica, tanto da essere stato adottato come marchio distintivo da diversi istituti di ricerca nel settore e da venire riprodotto sulle copertine di molti libri. Il regolatore risale ai tempi della rivoluzione industriale del 1700, quando presero a svilupparsi le macchine a vapore; un problema cruciale era allora quello di mantenere costante la velocità di rotazione dell'albero motore nonostante i molti disturbi. A tale scopo fu realizzato un dispositivo consistente in una sorta di compasso ad apertura variabile, il cui asse di rotazione era cassetto sull'albero della macchina da regolare. All'estremità del compasso erano collocate due sferette, cosicché, quando - ad esempio - la velocità di rotazione era eccessiva, la forza centrifuga sulle sferette ampliava l'apertura del compasso; corrispondentemente, tramite un opportuno levismo, questa variazione si rifletteva sulla portata del vapore, e quindi sulla velocità di rotazione dell'albero, riportandola a valori accettabili.

Alle volte, pur essendo equipaggiate con il regolatore centrifugo, le macchine a vapore presentavano malfunzionamenti con pericolose instabilità. Verso la metà dell'Ottocento, questi fenomeni attirarono l'attenzione di James C. Maxwell (1831-1879), il grande fisico del secolo XIX (Figura 2).

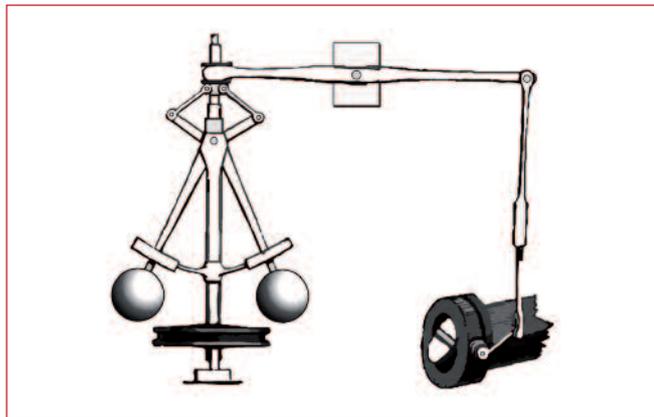
Nato in Scozia, a Edimburgo, si iscrisse all'Università della sua città nel 1847, per poi trasferirsi all'Università di Cambridge nel 1850. Nel 1868, Maxwell scrisse le sue riflessioni sul regolatore centrifugo, e, più in generale, sui dispositivi a cui è demandato il compito di governare un sistema, in un articolo dal titolo lapidario *On governors*.

Pubblicato nei *Proceedings della Royal Society*, l'articolo aveva questo inizio: "*A governor is a part of a machine by means of which the velocity of the machine [...] is kept nearly uniform, not with standing variations in the driving power or the resistance. Most governors depend on the centrifugal force of a piece connected with a shaft of the machine. When the velocity increases, this force increases, and either increases the pressure of the piece against a surface or moves the piece,*

and so acts on a break or a valve”.

Più avanti si legge: “I propose [...] to direct the attention of engineers and mathematicians to the dynamical theory of such governors. It will be seen that the motion of a machine with its governor consists in general of a uniform motion, combined with a disturbance which may be expressed as the sum of several component motion. These components may be of four different kinds:

- the disturbance may continually increase;
- it may continually diminish;
- it may be an oscillation of continually increasing amplitude;



▲ **Figura 1**

Il regolatore centrifugo di Watt

- it may be an oscillation with continually decreasing amplitude.

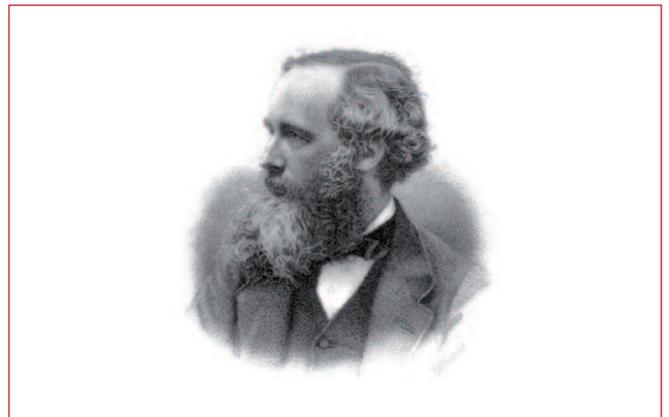
The first and the third cases are evidently inconsistent with the stability of the motion, and the second and fourth alone are admissible in a good governor. This condition is mathematically equivalent to the condition that all the possible roots, and all the possible parts, of the impossible roots of a certain equation shall be negative”.

Maxwell si riferisce qui a quella che chiamiamo oggi “equazione caratteristica” (*a certain equation*) e usa il termine “radici impossibili” (*impossible roots*) per indicare le radici complesse dell’equazione. Questo brano evidenzia che l’importanza della posizione nel piano complesso delle radici dell’equazione caratteristica (reali o complesse che siano) nel determinare la forma dei transitori era ben chiara all’autore.

Maxwell fu in grado di studiare le radici di equazioni caratteristiche fino al terzo grado, e formulò l’auspicio che qualche matematico risolvesse il caso generale. Questo invito può essere considerato come la scintilla da cui ebbero origine gli studi sul cosiddetto *criterio di Routh-Hurwitz*.

Il lavoro di Maxwell suscitò l’interesse della *Royal Academy*, che decise di destinare un premio (della serie di riconoscimenti denominati

Adams Prize) a studi sulla stabilità del moto, invitando Maxwell stesso a far parte della commissione giudicatrice. Il premio andò a un saggio in cui si presentava un metodo che permetteva il calcolo del numero di radici dell’equazione caratteristica a parte reale non-negativa, senza risolvere l’equazione stessa, bensì analizzando i valori assunti dai parametri di una opportuna tabella, costruita con regole elementari a partire dai coefficienti dell’equazione. Era il 1876, e l’autore del saggio era Edward J. Routh (1831-1907), docente anch’egli all’Università di Cambridge.



▲ **Figura 2**

James C. Maxwell

In realtà si può ben dire che Maxwell e Routh ebbero due destini incrociati, fin dal tempo dei loro studi universitari a Cambridge. In quell’università, era d’uso sottoporre gli allievi a una prova molto selettiva, una sorta di “competizione dei bravissimi”, denominata *Mathematical Tripos*. I primi classificati in questa competizione venivano inclusi in una lista nota come *Wrangler list*. Essere inseriti in questa lista era un segno distintivo, e anche un prestigioso biglietto da visita per future occupazioni (non necessariamente universitarie, né unicamente di tipo scientifico, ad es. per concorsi di giudice di tribunale). La classificazione ottenuta in queste prove era indicata con sigle sintetiche, ad esempio 7W 1893 indicava chi si era classificato in settima posizione nei *Tripos* del 1893, mentre 12W 1905 stava per il dodicesimo classificato del 1905 (per la precisione, si trattava rispettivamente di Bertrand Russell e di Lord Keynes). Maxwell era un 2W 1854, cioè nel 1854 si classificò al secondo posto. Lasciamo indovinare al nostro lettore chi potesse essere il primo classificato di quell’annata, vale a dire 1W 1854: era il coetaneo Edward J. Routh.

Una seconda analogia tra i due riguarda il premio Adams, che, come già detto, fu assegnato a Routh nel 1876 per il suo saggio sulla condizione neces-

saria e sufficiente perché un polinomio avesse tutte le radici con parte reale negativa. Circa vent'anni prima, precisamente nel 1855, lo stesso premio era andato a Maxwell (allora ventiquattrenne) per il suo saggio sugli anelli di Saturno (*On the Stability of the Motion of Saturn's Rings*) (Figura 3). In quel famoso saggio, oggi disponibile liberamente in Internet, Maxwell si chiedeva quale fosse la costituzione degli anelli del grande pianeta, osservati già da Galileo Galilei con il suo telescopio. Per trovare una risposta scientificamente valida, Maxwell esplorò diverse possibilità, ognuna delle quali associata a una congettura formulata come ipotesi di lavoro: i) gli anelli sono costituiti da un unico corpo rigido, ii) si tratta di un anello gassoso, iii) si tratta di ammassi di frammenti rocciosi. A partire da ciascuna di queste ipotesi, l'autore costruì il modello matematico corrispondente utilizzando la legge di gravitazione universale di Newton. Quale tra i modelli ipotizzati era in accordo con la natura, o per lo meno non in disaccordo con essa? A sua volta questa domanda ne evocava un'altra, ancor più fondamentale: con quale logica si poteva fondare un confronto tra modello e realtà naturale? L'idea vincente di Maxwell fu di far riferimento al concetto di stabilità come ponte tra astrazione e realtà. Con la loro permanenza in essere da milioni di anni, gli anelli di Saturno non potevano che corrispondere a una condizione stabile nell'universo. Dunque, se in un dato modello si fosse riscontrata instabilità, allora l'ipotesi iniziale su cui quel modello era basato non poteva che essere rigettata. Se invece il modello ottenuto era stabile, allora l'ipotesi di partenza non era falsificata, e il modello avrebbe potuto essere una descrizione corretta del reale. Maxwell giunse così alla conclusione che l'unica ipotesi verosimile era che gli anelli dovessero essere formati da rocce in frammenti; infatti, i modelli ottenuti nelle altre ipotesi erano instabili. Così la nozione di stabilità fungeva da anello di congiunzione tra astrazione e natura.

Ma torniamo alla vicenda dello studio delle radici dell'equazione caratteristica, che non era ancora conclusa. Infatti, nel 1894, circa vent'anni dopo il contributo di Routh, il matematico svizzero Adolf Hurwitz (1859-1916), influenzato dagli studi di Aurel B. Stodola (1859-1942), un ingegnere slovacco, che, come lui, era docente al Politecnico di Zurigo, prese ad analizzare il medesimo problema. Del tutto ignaro dei precedenti studi, ricavò un criterio di stabilità basato su una tabella diversa da quella di Routh. Nasceva così il *criterio di Routh-Hurwitz*, destinato a essere insegnato in tutti i corsi di Automatica del mondo, e non solo in quelli. A proposito di destini incrociati, è curioso notare che, così come Maxwell e Routh erano coetanei, anche Stodola e Hurwitz lo erano. Inoltre, Maxwell era stato

il suggeritore del problema poi affrontato e risolto da Routh. In modo analogo, Stodola aveva proposto una famosa condizione necessaria di stabilità, che richiede che tutti i coefficienti del polinomio caratteristico abbiano identico segno. Fu appunto dagli studi di Stodola che Hurwitz prese spunto per la sua analisi.

Concludiamo questo paragrafo con un'ultima osservazione sul profondo contributo di James C. Maxwell all'Automatica. Da un lato, con le riflessioni esposte nell'articolo *On governors*, Maxwell poneva in luce il fondamentale ruolo dei controllori come elementi di governo atti a garantire il buon funzionamento di un processo. Dall'altro, con il saggio *On the Stability of the Motion of Saturn's Rings*, metteva in luce la potenza dell'approccio basato su modello nello studio dei fenomeni naturali. Se si considerano poi i fondamentali contributi di Maxwell in parecchi rami della fisica del tempo, si comprende perché siano in molti a ritenere che sia stato il maggiore fisico dell'Ottocento. Non a caso, nella commemorazione per il centenario della sua nascita, Albert Einstein lo descrisse con queste parole *"the most profound and the most fruitful scientist that physics has experienced since the time of Newton"*. Chi scrive si è chiesto spesso quali altri contributi Maxwell avrebbe potuto dare alla scienza se un tumore non lo avesse sottratto alla vita a soli 48 anni.

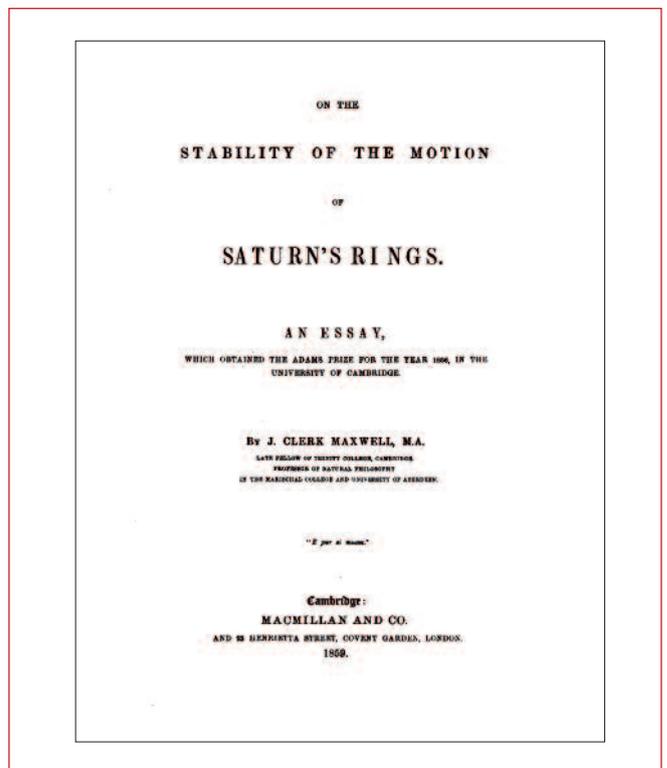


Figura 3
Frontespizio del saggio di Maxwell sugli anelli di Saturno (1859)

Gli anni Quaranta del XX secolo: servomeccanismi e cibernetica

Il ventesimo secolo è stato contrassegnato da straordinarie innovazioni ingegneristiche, in particolare il volo e l'elettricità, che hanno profondamente modificato il nostro modo di vivere¹.

Qui vorremmo soffermarci molto brevemente sul volo, richiamando che i primi esperimenti dei fratelli Wilburn e Orville Wright mettevano in luce il dualismo tra stabilità e manovrabilità di un velivolo, nel senso che velivoli prossimi all'instabilità sono più manovrabili; d'altra parte, in tali condizioni, il controllo può essere fatto solo in modo automatico con opportuni sistemi di controllo.

Alcuni tra i principali eventi che hanno contrassegnato le conquiste del volo possono essere così riassunti: 1901, fratelli Wright; 1912, autopilota Sperry; 1947, traversata dell'Atlantico di un aereo senza pilota; 1957, Sputnik; 1969, Apollo; 1997, Mars Pathfinder.

Il periodo su cui vogliamo soffermarci ora è quello degli anni Quaranta, quando divenne sempre più pressante l'esigenza di controllare posizione, velocità e forza di sistemi meccanici operanti in contesti diversi. Nascevano così i meccanismi intelligenti, o meccanismi asserviti, o, semplicemente, *servomeccanismi*. Questi studi possono essere visti come antesignani delle odierne ricerche in mecatronica e robotica.

Una rilevante tappa del periodo emergente dei "servo" fu segnata dalla pubblicazione, nel 1942, del volume *Theory of Servomechanisms*, a cura di Hubert M. James, Nathaniel B. Nichols e Ralph S. Phillips. Si noti che James era un docente di fisica (alla *Purdue University*), Nichols uno strumentista (della *Taylor Instrument Company*), mentre Phillips era un docente di matematica (presso la *University of Southern California*). Il libro era quindi frutto di una collaborazione trans-disciplinare, che coinvolgeva studiosi con competenze assai diverse, circostanza questa che si sarebbe poi frequentemente ripetuta nel campo della scienza e tecnologia dei sistemi di controllo.

Con l'approssimarsi della seconda guerra mondiale, divenne cruciale il cosiddetto *AA servo problem*, dove AA sta per Anti-Aircraft. Si trattava di stimare in anticipo il punto in cui si sarebbe trovato un aereo al momento dell'impatto con un proiettile lanciato da una contraerea a terra o da un altro aereo in volo. A questo fine si presentava un duplice e peculiare problema di predizione, da un lato quello del moto del velivolo, dall'altro quello del moto del proiettile, con l'obiettivo di far coincidere i punti in cui si sarebbero trovati in un istante futuro. Per questo il *National Defense Re-*

search Committee (NDRC) statunitense stipulò un contratto di ricerca con il Massachusetts Institute of Technology (MIT) dal titolo *General mathematical theory of prediction and applications* avente come responsabile Norbert Wiener (1894-1964). Il rapporto finale dello studio è il celebre *NDRC Report of the Services 370* dal titolo *Extrapolation, Interpolation, and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications*, rapporto che fu scherzosamente denominato il "pericolo giallo", sia per il colore della copertina, sia per la difficoltà di comprensione del testo. Considerato *top secret* durante la guerra, il rapporto fu pubblicato da MIT Press nel 1949.

Nel frattempo, Wiener aveva approfondito i suoi studi sui sistemi di regolazione e, nel 1948, pubblicò il libro *Cybernetics*. Il termine *cibernetica*, che deriva dalla parola greca che sta a indicare l'atto di guida di una nave mediante l'azionamento del timone, era già stato usato nel 1834 da André-Marie Ampère (1775-1836), nella versione francese *cybernetique*. Wiener (come attesta il significativo sottotitolo: *Cybernetics, or the control and communication in the animal and in the machine*) tendeva ad accomunare i problemi di controllo delle macchine a quelli che s'incontrano nel mondo animale, secondo un'osservazione profonda, che si collega agli studi sui sistemi a molti agenti, oggetto d'intensa attività di ricerca ai nostri giorni. Non a caso, nel corso del diciannovesimo *IFAC World Congress*, che si terrà a breve a Città del Capo, vi sarà una lezione plenaria, tenuta da Naomi Leonard, dell'Università di Princeton, dal titolo *Coordinated control of multi-agent systems: lessons from the animal behaviour*. La questione base affrontata in questi studi è la seguente: quali sono le opportune decisioni individuali che portano a una buona performance complessiva del gruppo di individui?

È da sottolineare che nel titolo del sopra-citato contratto stipulato da NDRC con MIT si parla di *mathematical theory of prediction*, introducendo nell'ingegneria una nuova parola chiave, *predizione*, e si fa riferimento allo sviluppo di "una teoria matematica", cioè di una teoria rigorosa e affidabile.

Negli anni Quaranta, la teoria della predizione fu oggetto di studi approfonditi anche in Unione Sovietica. In particolare da parte di Andrej N. Kolmogorov (1903-1987), un matematico che lavorava all'Università di Mosca. Tra i molti meriti di Kolmogorov, va annoverato il libro *Concetti Fondamentali di Calcolo della Probabilità*, pubblicato

¹ Per quello che riguarda l'elettricità, rimandiamo al volume *Storia della Tecnica Elettrica*, a cura di V. Cantoni e A. Silvestri (Cisalpino, 2009).

nel 1933, dove la probabilità fu posta su solide basi matematiche. In modo del tutto indipendente, Kolmogorov sviluppò la teoria della predizione per i processi casuali stazionari. Non a caso, la teoria della predizione con modelli ingresso-uscita che si studia oggi in molte università prende il nome di *predizione alla Kolmogorov-Wiener*. Da quei giorni, i concetti base di probabilità entrarono a far parte del patrimonio dell'ingegneria².

Nella seconda metà del XX secolo, l'impiego di strumenti di modellistica matematica divenne sempre più diffuso, portando alla ribalta il termine *model based control*. Dal problema reale si passa al mondo astratto tramite un modello matematico, ad esempio un sistema di equazioni differenziali. Grazie ad esso, con tecniche di progetto astratte, si ricava il modello del controllore, modello che viene poi implementato tecnologicamente mediante dispositivi vari, per esempio con un computer interfacciato al processo. Questo modo di ragionare è sintetizzato in figura 4.

Naturalmente, l'approccio è valido nella misura in cui il modello è accurato. La determinazione di un'adeguata descrizione di un processo è perciò un aspetto cruciale in Automatica (e, ovviamente, in tutte le scienze). Non a caso, un fiorente campo di studio e di ricerca nel settore riguarda la stima di parametri incerti o, secondo l'approccio a *scatola nera*, la messa a punto dell'intero modello direttamente da dati sperimentali (identificazione). Peraltro, non esiste il modello perfetto, poiché nessuna modellazione può essere esente da errore. Tuttavia, come dice George Box, *"tutti i modelli sono sbagliati, ma qualcuno è utile"*.

Ad ogni modo, una volta che sia stata superata la fase iniziale di modellistica, il progetto si sviluppa di norma in ambiente astratto, e la teoria del controllo appare come uno strumento analitico-matematico. Questo modo di procedere, che si ravvisa in diversi settori dell'ingegneria moderna, richiama alcune pagine di Italo Calvino (1923-

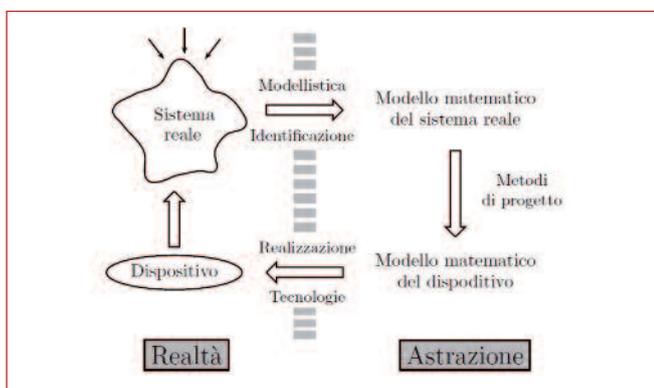
1985), che, nelle sue *Lezioni americane-sei proposte per il prossimo millennio*, pubblicate postume nel 1988, scriveva: *"La seconda rivoluzione industriale non si presenta come la prima con immagini schiacciati quali presse di laminatoi; o colate d'acciaio, ma come i bits d'un flusso di informazione che corre sui circuiti sotto forma d'impulsi elettrici. Le macchine di ferro ci sono sempre, ma obbediscono ai bit senza peso"*.

1956: il Big Bang

Se si vuole fissare un anno di nascita dell'Automatica moderna, questo è, a mio parere, il 1956, anno in cui ebbero luogo alcuni memorabili eventi.

Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo (Milano, 8-13 aprile)

Negli anni che vanno dal 1951 al 1956, il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) organizzò annualmente una serie di encomiabili iniziative, denominate *Giornate della Scienza*, durante le quali si discutevano argomenti di grande attualità, con un congresso per esperti del settore, e, nel contempo, una mostra rivolta al grande pubblico. Questi eventi si svolgevano al Museo della Scienza e della Tecnica (ora Museo della Scienza e della Tecnologia) di Milano nel mese di aprile, contrassegnato da visitatori italiani e non per la cosiddetta *Fiera Campionaria*. Questa fiera, simbolo della laboriosità di Milano, era una vastissima esposizione-mercato di prodotti provenienti da varie nazioni. Tenuta per la prima volta nel 1920, a far data dal 1925 la fiera era ospitata in un complesso di edifici espositivi cui si accedeva da piazza Giulio Cesare. La massima affluenza di pubblico si ebbe negli anni 1956-1965, con oltre 4 milioni di visitatori per edizione. Un cambiamento epocale si ebbe nei primi anni duemila, in seguito alla nascita del nuovo polo espositivo di Fiera Milano Rho. A partire dal 2006, i vari edifici della Fiera furono abbattuti e al loro posto vi è ora un complesso residenziale denominato *CityLife*. Della "vecchia Fiera", l'unico palazzo superstite è il padiglione 17, edificato nel 1961 come *padiglione dell'agricoltura*, e successivamente adibito a centro congressuale. Nel periodo della demolizione degli altri edifici, si diede avvio all'ampliamento di tale padiglione con la costruzione (negli anni 2002-2005) di nuovi edifici nei suoi immediati dintorni, dando così luogo a uno dei maggiori centri congressuali del mondo. Il centro congressi venne poi ulteriormente ampliato con l'inclusione di parte del complesso del Portello. Dal 2011, tale centro, precedentemente denominato *Mic*, ha preso il nome di *MiCo* (acronimo per *Milano Congressi*). Di esso parleremo nuovamente a breve.



▲ **Figura 4**

L'ingegneria oggi: dalla realtà all'astrazione e ritorno (schema concettuale concepito da Guido O. Guardabassi)

Ma torniamo alle *Giornate della Scienza* del CNR, per segnalare che, nel 1956, anno della trentaquattresima Fiera Campionaria (12-27 aprile), tali giornate furono dedicate agli *automatismi*. Precisamente, dall'8 al 13 aprile, si tennero il *Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo* e l'annessa *Mostra Internazionale dell'Automatismo*, entrambi al Museo della Scienza e della Tecnica. Al convegno presero parte ben 1.061 delegati provenienti da 18 nazioni (922 gli italiani). Le memorie presentate al Convegno vennero pubblicate, due anni dopo, in tre volumi, dal CNR stesso.

Questi atti sono molto curati. Quasi tutti gli articoli sono scritti in una delle seguenti quattro lingue: francese, inglese, italiano, tedesco. Al loro inizio vi è un riassunto nella lingua in cui è scritto l'articolo stesso, mentre alla fine si trovano i riassunti nelle altre tre lingue. Vi è anche un articolo in russo, di Yakov Tsytkin (il cui cognome viene qui riportato come Cypkin); questo articolo è immediatamente seguito dalla sua traduzione completa in inglese al termine della quale si trovano i riassunti in francese, tedesco e italiano.

In totale si annoverano 270 articoli. All'inizio del primo volume vi è l'elenco completo dei congressisti, mentre alla fine del terzo si trova l'elenco degli autori con il titolo dell'intervento.

Quanto alla mostra, dagli articoli che si possono leggere sul "Corriere della Sera" di allora si stima che abbia avuto oltre diecimila visitatori.

Il Convegno fu aperto da Gustavo Colonnetti, il primo presidente del CNR dopo la guerra, e fu onorato dalla presenza di molte autorità tra cui il Presidente della Repubblica di allora, Giovanni Gronchi.

Congrès International de l'Automatique (Parigi, 18-24 giugno)

Il *Congrès International de l'Automatique* si tenne al *Conservatoire National des Arts et Métiers* di Parigi dal 18 al 24 giugno. Furono presentati 88 articoli scritti da 101 autori, per lo più francesi.

Si noti che, nel 1956, l'editore *Dunod* diede avvio alla pubblicazione di una rivista interamente dedicata ai controlli, dal titolo *Automatisme*. Tra l'altro, in uno dei primi numeri di questa rivista, il numero 7 del luglio 1956, si trova una nota dal titolo *Le Congrès International de l'Automatique de Paris*. All'inizio della nota si legge: "Pendant près d'une

*semaine, un millier de Congressistes réunis au Conservatoire des Arts et Métiers, ont écouté une centaine de conférencières exposer les divers aspects de l'automatisme"*³.

È interessante notare i termini che qui ricorrono: da un lato *Automatique* (denominazione del Congrès), dall'altro *Automatisme* (titolo della rivista). In effetti, a quei tempi, quest'ultimo termine ebbe notevole risonanza; basti pensare al titolo del congresso di Milano. Ma, a lungo andare, la parola *Automatica* divenne prevalente.

A proposito di terminologia, notiamo che, sul frontespizio degli atti del Congrès, il titolo in francese è seguito dall'equivalente in inglese: *International Automation Congress*. Sul frontespizio degli atti del Convegno di Milano compare solo il titolo in italiano, ma, sul retro del frontespizio, si trovano le traduzioni in francese, inglese e tedesco. Curiosamente, nonostante che *Automatismo* derivi proprio dal francese, il titolo in francese è *Symposium International sur les Problèmes de l'Automation*. Quanto ai titoli in inglese e tedesco, si legge: *International Symposium on Problems of Automation*, e *Internationales Symposium Uber Probleme der Automation*, rispettivamente.

Convegno AEI su Regolazione Automatica e Servomeccanismi (Trieste, 16-21 settembre)

Oltre alle tre conferenze sopra menzionate, nel 1956 vi fu un evento, di carattere nazionale, molto interessante. Si tratta della cinquantesima riunione annuale della Associazione Elettrotecnica Italiana (AEI), che si svolse nelle aule dell'Università di Trieste dal 16 al 21 settembre, sul tema *Regolazione Automatica e Servomeccanismi*. Consultando gli atti di questo convegno, si nota una folta partecipazione delle migliori menti del mondo dell'ingegneria italiana di quei giorni. Vi sono 102 memorie distribuite sui seguenti temi: Parte I: Teoria della Regolazione, Parte II: Elementi e componenti di un complesso di regolazione automatica, Parte III: Regolatori e complessi di regolazione; Parte IV: Applicazioni. È significativo osservare che, oltre ai 108 autori delle memorie, vi furono 80 "interlocutori". Vi era infatti la prassi che ogni lavoro venisse commentato da uno o più interlocutori; tali commenti sono ordinatamente riportati sugli atti, insieme con le risposte degli autori. In totale, vi furono ben 500 partecipanti.

Tagung Regelungstechnik (Heidelberg, 25-29 settembre)

In settembre, nella *Neue Aula* dell'Università di Heidelberg, si tenne la *Tagung Regelungstechnik* (con versione inglese del titolo riportata sugli atti: *Conference on Control Technique*). Vi presero parte 772

² Per una concisa biografia di Kolmogorov, si suggerisce la nota *Kolmogorov, non solo probabilità*, pubblicata poco dopo la sua morte nel volume 244, dicembre 1998, de "Le Scienze".

³ Per la storia dell'automatica in Francia, si suggerisce il libro *Histoire de l'automatique en France 1850-1950* di Patrice Remaud pubblicato da Hermes-Lavoisier nel 2007.

studiosi, di cui 569 tedeschi, provenienti da 18 nazioni. Nel corso di questo congresso, un gruppetto di lungimiranti scienziati si riunirono per comporre un conciso manifesto, denominato molto sinteticamente *Resolution*, dove si leggeva quanto segue:

Resolution

The following undersigned are in favor of an international union of Automatic Control and are prepared to work toward this end in our own country. This union will have the following aims

1. *To facilitate the interchange of information in Automatic Control and to advance this field*
2. *To organize international congresses in Automatic Control*

Heidelberg, 27 sept. 1956

Seguivano le firme di 30 scienziati di questi Paesi: Austria, Belgio, Danimarca, Francia, Germania Occidentale, Germania Orientale, Gran Bretagna, Italia, Jugoslavia, Norvegia, Olanda, Polonia, Stati Uniti, Svezia, Unione Sovietica. Tra i firmatari, Giuseppe Evangelisti (1903-1981), docente di idraulica all'Università di Bologna, cultore dei sistemi di regolazione delle turbine idrauliche.

La *Resolution* è l'atto di concepimento dell'IFAC (*International Federation of Automatic Control*), la cui nascita ufficiale risale all'anno successivo, quando, a Parigi, si tenne la riunione costituente della Federazione. Era l'11 settembre 1957.

La costituzione che fu allora redatta ha avuto alcune modifiche negli anni, e la versione attuale può essere letta sul sito web dell'IFAC. Fin dal suo concepimento, IFAC venne intesa come un'associazione di nazioni (un po' come l'ONU), ciascuna rappresentata da un ente nazionale denominato *National Member Organization* (NMO). Per l'Italia, tale ente è il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

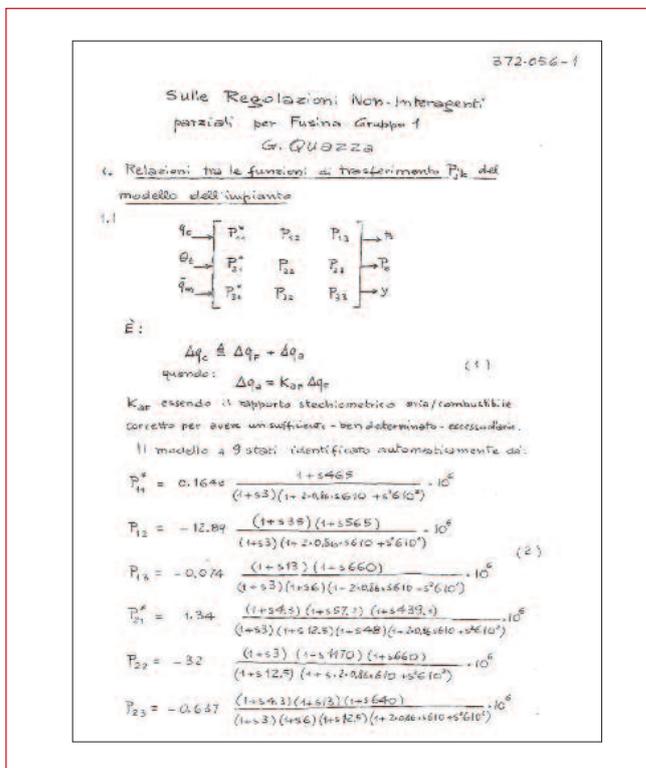
Uno dei due obiettivi posti nella *Resolution*, ribadito nella costituzione IFAC, era l'organizzazione di congressi nel campo dei controlli automatici. A quasi sessant'anni di distanza, si può ben dire che, alla luce della gran varietà di eventi IFAC in tantissimi paesi, quell'obiettivo sia stato ampiamente perseguito.

Tra le conferenze IFAC, spicca il congresso mondiale (*IFAC World Congress*). Organizzato con cadenza triennale, questo è l'evento di maggior prestigio e di maggior richiamo in ambito IFAC, e certo uno dei congressi più significativi dell'intero spettro di iniziative nel campo dell'Automatica. Nell'anno in cui si tiene il Congresso, non hanno luogo altri eventi IFAC, in modo da favorire la più ampia partecipazione di cultori dell'Automatica in ogni settore di studi, teorici o applicativi. *IFAC World Congress* si tenne per la prima volta a Mo-

sca nell'estate del 1960, e, in seguito, come già detto con cadenza triennale, a Basilea, Londra, Varsavia, Parigi, Boston, Helsinki, Kyoto, Budapest, Monaco, Tallinn, Sydney, San Francisco, Pechino, Barcellona, Praga, Seul. Cinquantun anni dopo il Congresso di Mosca, il diciottesimo congresso mondiale si è tenuto per la prima volta in Italia, precisamente a Milano, dal 28 agosto al 2 settembre 2011. Ma di questo parleremo più diffusamente nel seguito.

Contributo di alcuni studiosi italiani

Gli eventi menzionati in precedenza si prestano a tratteggiare il contributo di alcuni colleghi italiani che svolsero un ruolo pionieristico in quegli anni. Per seguire lo sviluppo della nascente federazione dei controlli automatici, il CNR istituì una Commissione per l'Automazione, con Evangelisti come presidente e con Algeri Marino, un generale del Genio Aeronautico docente di Comunicazioni Elettriche all'Università di Roma, come membro. Evangelisti e Marino furono affiancati da due giovani studiosi, Antonio Lepschy e Antonio Ruberti, come segretari. Antonio Lepschy (1931-2005) si era laureato nel 1955 all'Università di Padova, dove, dopo alcuni anni di insegnamento dapprima a Bari e poi a Trieste, fu docente dal 1970-'71. Era uno studioso dai vastissimi interessi scientifici e culturali. Oltre a ricoprire diversi incarichi all'Università di Padova, fu anche membro dell'Accademia Gali-



▲ **Figura 5**
Pagina manoscritta di Giorgio Quazza

leiana di Scienze, Lettere ed Arti di Padova, dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti di Venezia, e dell'Accademia delle Scienze detta dei XL di Roma. Come si può vedere in bibliografia, scrisse anche alcuni preziosi contributi storici, uno dei quali su questa stessa rivista. Tale contributo, che risale all'anno 2000, era dedicato all'amico di una vita, Antonio Ruberti, scomparso pochi mesi prima.

Antonio Ruberti (1927-2000) fu docente all'Università di Roma. Qui, nel 1969, fondò l'Istituto di Automatica. La sua carriera fu contrassegnata da una sequenza davvero unica di successi in campo scientifico, accademico e politico, che, tra l'altro, lo portò a essere rettore di quella Università (dal 1976 al 1987), ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica (dal 1989 al 1992), e Commissario per la Scienza e la Ricerca dell'Unione Europea. In sua memoria, dal 2005, la *Control Systems Society* di IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) assegna annualmente il premio *Antonio Ruberti Young Researcher Prize*. Lepschy e Ruberti furono due dei tre primi *liberi docenti* di Controlli Automatici in Italia nominati

nel 1961. Il terzo fu Giorgio Quazza, eminente figura dell'ingegneria del controllo industriale. Dopo un tormentato periodo giovanile segnato da alcuni mesi di prigionia nel campo di concentramento di Mauthausen, Quazza si laureò al Politecnico di Torino, e quindi fece gli studi di dottorato negli Stati Uniti. Al suo ritorno in Italia, diede impulso alle applicazioni di controlli in campo industriale, soprattutto nel mondo elettrico, fondando nel 1967 il CRA (*Centro di Ricerca di Automatica*) dell'ENEL. Con il passar del tempo, questo centro divenne un punto di riferimento internazionale per le applicazioni in campo elettrico. La stima per Giorgio Quazza era altissima in ambito IFAC, tanto che fu chiamato a coordinare l'*Executive Board* della Federazione. Molti ritenevano che, sotto la sua guida, l'*IFAC World Congress* si sarebbe presto tenuto in Italia. Ma nell'agosto del 1978, al culmine dei suoi studi e della sua notorietà e stima internazionale, una disgrazia, verificatasi nel corso di un'escursione tra le sue amate montagne, lo sottrasse per sempre alla sua famiglia e all'intera comunità scientifica. Per onorare la sua memoria, IFAC decise di istituire la famosa *medaglia Quazza*, il premio più prestigioso in ambito IFAC, assegnato a cadenza triennale nel corso dell'*IFAC World Congress*. La cittadina natia di Mosso, piccolo paese di montagna in provincia di Biella, ha dedicato alla sua memoria e a quella del fratello Guido (esimio sto-

Figura 6 ▾

Quattro studiosi su una panchina. Da sinistra, Antonio Ruberti, Emanuele Biondi, Giorgio Quazza e Antonio Lepschy. Fotografia scattata da Fabio Saccomanno a Bressanone nel 1963



rico docente alla Normale di Pisa) la scuola primaria del paese. Una pagina manoscritta di uno studio di Giorgio Quazza è riportata in figura 5. Lepschy, Quazza e Ruberti sono ritratti insieme nella curiosa quanto caratteristica *fotografia della panchina* (Figura 6). Questa istantanea fu scattata nel 1963 da Fabio Saccomanno (prestigioso docente presso l'Università di Genova) a Bressanone, dove la comunità italiana di Automatica si riuniva annualmente negli anni '60. Il quarto studioso che compare nella foto è Emanuele Biondi. Nato nel 1928, Biondi fondò e diresse il Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi del CNR, che operava presso il Politecnico di Milano. In seguito, i suoi interessi si spostarono verso la bioingegneria e lo portarono a dare avvio al Dipartimento di Bioingegneria, dipartimento che è recentemente confluito nel Dipartimento di Elettronica e Informazione, di quella Università, dando luogo a quello che oggi si chiama Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria. Nei suoi vent'anni di attività (1971-1991), il Centro per lo Studio della Teoria dei Sistemi agì da "catalizzatore scientifico" creando l'ambiente appropriato e le opportune sinergie per la formazione e la crescita di diverse personalità che avrebbero poi dato un contributo significativo in varie direzioni.

L'Automatica rifondata: gli anni Sessanta del XX secolo e il nuovo paradigma scientifico

Negli anni Cinquanta, l'Unione Sovietica era all'avanguardia nel campo dei controlli; l'emblema dei suoi successi fu il lancio dello Sputnik nel 1957, che tanto impatto ebbe sull'opinione pubblica mondiale. In questo quadro, non è certo sorprendente che la neonata *International Federation of Automatic Control* decidesse di tenere il primo *IFAC World Congress* a Mosca. E, in effetti, il congresso si tenne nelle aule dell'Università di Mosca nell'estate del 1960, con circa millecinquecento partecipanti. Come Presidente della Federazione era stato eletto Harold Chestnut (1917-2001). Chestnut era un ingegnere che ricopriva cariche di elevata responsabilità alla General Electric, la grande compagnia fondata da Thomas Edison, ed era anche noto perché, insieme con Robert W. Mayer, aveva scritto *Servomechanisms and Regulating System Design*, un libro in due volumi, pubblicati il primo nel 1951, il secondo nel 1955. Il congresso IFAC di Mosca fu un'occasione formidabile d'incontro di delegazioni provenienti da molti diversi Paesi; particolarmente massiccia fu la partecipazione di scienziati dell'Est, con i quali, dato il clima dalla Guerra Fredda imperante in quel periodo, le possibilità di contatto e interazio-

ne erano state fino ad allora assai limitate⁴.

Tra i molti autorevoli partecipanti a questo eccezionale evento scientifico, vi era uno scienziato statunitense di origine ungherese, Rudolf E. Kalman (Figura 7), che presentò il lavoro *On the general theory of control systems*.

Questo lavoro poneva i problemi di controllo su una solida base matematica grazie a un nuovo approccio, il cosiddetto *approccio a spazio di stato*. Sia il processo da controllare sia il suo controllore (*governor* nel linguaggio di Maxwell) erano descritti per mezzo di equazioni di struttura particolare: da un lato, le equazioni di stato, con le quali si catturava l'evoluzione delle "variabili di memoria" del processo, le "variabili di stato", dall'altro le equazioni d'uscita, con cui si descriveva la dipendenza delle variabili esterne dalle variabili di stato. Mentre le equazioni di stato sono "relazioni dinamiche", tipicamente equazioni differenziali, le equazioni d'uscita sono algebriche.

Sempre nel 1960, nel "Journal of Basic Engineering", Kalman pubblicava l'articolo *A new approach to linear filtering and prediction problems*, dove l'approccio di stato veniva usato per i problemi di filtraggio e predizione. L'impostazione generale poneva al centro dello studio la stima dello stato attuale (filtraggio) e futuro (predizione) utilizzando solamente l'osservazione delle variabili esterne, misurabili, del sistema. Un simile problema è fondamentale in ogni ambito scientifico, ma lo è, in particolare, nel controllo, dato che, per imporre a una certa variabile un determinato andamento, l'andamento desiderato, occorre in primo luogo stimare il valore attuale della variabile. Il *filtro di Kalman*, che tanto successo avrebbe avuto e ha tuttora nell'ingegneria, è nient'altro che un *sensore virtuale*, ossia un dispositivo di "misura indiretta" di una grandezza per cui non esistono strumenti di misurazione. Un caso tipico è quello della valutazione della orientazione di un'astronave; tale posizione non è misurabile di per sé, va valutata indirettamente, ad esempio dall'osservazione delle cosiddette stelle fisse mediante telecamere a bordo puntate sullo spazio profondo⁵.

Notiamo che i problemi di filtraggio e predizione sono gli stessi problemi che, negli anni Quaranta erano stati studiati da Kolmogorov e Wiener. Il successo del nuovo approccio è dovuto alla sua semplicità e generalità; la soluzione è data in forma ricorsiva, e come tale è facilmente implementabile in un dispositivo elettronico.

Un'osservazione finale riguarda una particolare equazione che interviene nell'approccio di stato al filtraggio e al controllo. Si tratta di una equazione non lineare, denominata *equazione di Riccati* in onore del conte Jacopo F. Riccati (1676-1754). Curiosamente, Riccati non era laureato in

materie scientifiche, era laureato in legge, all'Università di Padova. In campo scientifico era un autodidatta. Il suo interesse risale a quando, come studente universitario, frequentò per interesse personale un corso di astronomia. Il docente del corso, Stefano degli Angeli, gli passò la sua copia del libro di Isaac Newton, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, pubblicato nel 1687. Fu così che Riccati ebbe modo di studiare (come autodidatta) le equazioni differenziali. I suoi studi sfociarono in una pubblicazione sugli *Acta Eroditorum Lipsiae* riguardante un'equazione che porta oggi il suo nome. Era il 1724⁶.

L'approccio di stato ebbe una formidabile risonanza, portando alla rifondazione dell'Automatica intera, con un nuovo slancio verso la soluzione di altre avvincenti sfide scientifiche poste dallo sviluppo della tecnologia dei nostri giorni.

Questo grande clima di innovazione scientifica ebbe presto un riverbero mondiale. Anche nel nostro Paese, negli anni Sessanta e Settanta vi furono diversi incontri e iniziative di studio. In particolare, le riunioni annuali dei ricercatori del settore erano spesso accompagnate da scuole della

Figura 7 ▶

Rudolf
E. Kalman

Fotografia scattata a
Bologna nel 2002



4 Per un resoconto sul primo congresso IFAC si rimanda all'articolo di Bernard Widrow. *Recollections of Norbert Wiener and the first IFAC World Congress*. "IEEE Control Systems Magazine", 2001, pp. 65-70.

5 A chi desiderasse approfondire il pensiero di Kalman, suggerisco la lettura di *What is System Theory*, che è disponibile in Internet. Si tratta della lezione che Kalman diede nel 1985 in occasione del conferimento del prestigioso *Inamori Foundation Kyoto Prize in High Technology*. È un lavoro dove si leggono commenti profondi sull'importanza dei modelli, sul filtraggio, e su altri temi fondamentali della scienza e della conoscenza.

6 Chi scrive curò un volumetto su Riccati, pubblicato nel 1989 da Pitagora editrice, Bologna, dal titolo *Count Riccati and the Riccati Equation*. In esso compaiono quattro contributi. Il primo è l'articolo originale in latino *Animadversiones in aequationes differentiales secundi gradus* che Riccati pubblicò sugli *Acta Eroditorum Lipsiae* nel 1724. A seguire vi sono un lavoro di Eulero del 1764, anch'esso in latino, e uno di Liouville del 1841, in francese. Infine vi è la biografia di Riccati dal titolo *Count Riccati and the early days of the Riccati equation*. Avevo preparato tale biografia per il congresso *The Riccati equation in Control, Systems and Signals*, che si tenne a Como nel 1989. La medesima biografia è riprodotta nel volume *The Riccati Equation* (S. Bittanti, A.J. Laub and J. Willems eds.), pubblicato da Springer nel 1991.

7 Si prevede e auspica che il terzo *Convegno* si tenga nel 2056.

durata di qualche giorno. Gli interventi dei relatori in queste giornate di studio vennero raccolti in alcuni volumi che costituiscono la famosa *Collana di Automatica del CNR*, un'ottima base di studio per i giovani desiderosi di apprendere le nuove metodologie.

Collana di Automatica del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR).

CA-I: Problemi attuali di teoria dei controlli automatici. CNR, Roma 1965.

CA-II: Identificazione e ottimizzazione. CNR, Roma 1967.

CA-III, I processi stocastici nei controlli automatici. CNR, Roma 1970.

CA-IV: Identificazione dei sistemi stocastici. CNR, Roma 1978.

A trent'anni di distanza dal quarto volume, è stato pubblicato poi il quinto:

CA-V: Control Science Evolution. CNR, Roma 2008.

Qui sono raccolti gli atti del *Secondo Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo*, tenuto a Milano nel 2006, convegno di cui parleremo in seguito.

Cinquant'anni dopo

Il cinquantenario del memorabile *Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo* è stato celebrato nel 2006 con un secondo Convegno, tenuto al Politecnico di Milano⁷.

Gli interventi al secondo *Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo* sono stati raccolti nel quinto volume della *Collana di Automatica del CNR* (Figura 8):

Control Science Evolution. Proceedings of the Second Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo, CNR, 2008 (contributi di S. Barabaschi, S. Bittanti, G. C. Goodwin, H. Kimura, G. Marro; messaggi di: Presidente della Repubblica Italiana, Presidente della Regione Lombardia; Presidente del Consiglio Nazionale delle Ricerche - CNR; Magnifico Rettore del Politecnico di Milano, Presidente Accademia Nazionale dei Lincei, Presidente Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere).

Si noti che Graham Goodwin e Hidenori Kimura, due dei relatori invitati al convegno, hanno ricevuto la medaglia Quazza, rispettivamente nel 2008 e nel 2011.

Passiamo ora a un secondo grande "evento dei cinquant'anni". I congressi mondiali IFAC hanno cadenza triennale. Di norma, nell'anno del congresso, non si tengono altri eventi IFAC, mentre nel biennio che intercorre tra un congresso e il successivo, l'attività IFAC prosegue con convegni tematici su questo o quell'aspetto dell'automatistica. Mezzo secolo dopo il congresso di Mosca, il

diciottesimo congresso mondiale IFAC è stato tenuto a Milano, dal 28 agosto al 2 settembre 2011⁸, con un record di partecipazione (2.826 congressisti iscritti, cui si debbono aggiungere un paio di centinaia di presenze addizionali per un totale di circa tremila partecipanti) (Figura 9).

Il Congresso di Milano si è tenuto all'Università Cattolica del Sacro Cuore, le cui aule furono completamente impegnate per l'evento nella settimana indicata. Fanno eccezione la cerimonia di apertura di domenica 28 agosto e la cena del congresso di giovedì 1 settembre che si tennero al Centro Congressi MiCo di cui abbiamo parlato in precedenza (Figura 10-11).

Una caratteristica dei congressi mondiali IFAC è che ogni congresso ha un suo standard. In figura 12 è mostrato lo standard del congresso di Milano quando fu presentato al pubblico per la prima volta nel corso della cerimonia di chiusura del precedente congresso, il 17th IFAC World Congress tenuto a Seoul nel 2008.

L'attribuzione del Congresso rappresenta la realizzazione di un sogno coltivato dalla comunità italiana per oltre mezzo secolo. La lunga strada che portò a questo esito ebbe inizio con una riunione informale di studiosi italiani al congresso IFAC di Pechino nel 1999. La prima proposizione pubblica venne fatta al congresso di Barcellona del 2002, quando ebbe avvio, su suggerimento

della comunità italiana, una iniziativa denominata *Friendship Evening*, una serata durante la quale le nazioni che intendevano ospitare il primo congresso disponibile presentavano in via informale la loro candidatura. L'organo IFAC cui compete la decisione sulla localizzazione del congresso è il consiglio direttivo (*Council*). La proposta italiana per il 18th IFAC World Congress fu presentata alla riunione del *Council* IFAC del 30 agosto 2003 a Rotterdam, dove vennero selezionate due tra le varie candidature. La decisione finale fu presa l'anno dopo, nella riunione del *Council* di San Pietroburgo il 19 giu-



Figura 9
Numero dei partecipanti a IFAC World Congress

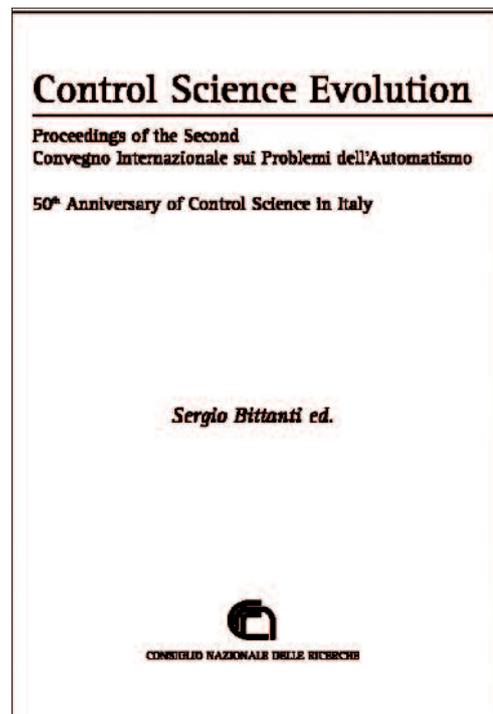


Figura 8
Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo - frontespizi degli atti del primo e del secondo convegno. Il primo si tenne al Museo della Scienza e della Tecnica di Milano nel 1956, il secondo al Politecnico di Milano nel 2006, a cinquant'anni di distanza dal primo

gno 2004, con sette anni di anticipo rispetto alla data di svolgimento del congresso, sette anni d'intensa attività organizzativa.

Segnaliamo che il sito web del congresso IFAC 2011 (www.ifac2011.org) è tutt'ora attivo e ha, ancor oggi, migliaia di accessi ogni mese, come è testimoniato dall'elevato valore del suo *page rank*. Tra i molti documenti disponibili, vi sono i video completi delle lezioni plenarie e il video della sessione storica, con vari interventi di autorevoli scienziati. Vi si può trovare anche il *Final Report* con molti dettagli sull'evento⁹.

Lo sviluppo della scienza e tecnologia del con-



▲ **Figura 10**

I cortili dell'Università Cattolica del Sacro Cuore animati dai partecipanti a 18th IFAC World Congress



▲ **Figura 11**

Cerimonia di apertura di 18th IFAC World Congress al Centro Congressi MiCo



trollo è la missione di diverse associazioni scientifiche internazionali di primissimo piano. Oltre a IFAC, un ruolo di grande rilievo è svolto da IEEE attraverso la *Control Systems Society* (IEEE CSS), che promuove un gran numero di simposi tematici e, a cadenza annuale, una grande conferenza generalista, la CDC (*Conference on Decision and Control*). Di norma la CDC si tiene in dicembre in questa o quella città degli Stati Uniti. Di quando in quando, si tiene però in altri Paesi. Nel dicembre 2013 si è tenuta eccezionalmente in Italia, a Firenze¹⁰.

Citiamo infine EUCA (*European Control Association*). Mentre IFAC e IEEE-CSS hanno una storia più che cinquantennale, il debutto di EUCA risale al 1991, anno in cui si tenne a Grenoble la prima *European Control Conference* (ECC). Questa conferenza è stata poi tenuta con cadenza biennale, talvolta congiuntamente con la IEEE CDC (2005, Siviglia; 2011, Orlando-USA). Nel 1995 si tenne a Roma. Dal 2013, ECC si tiene annualmente. Il numero dei partecipanti alle CDC e alle ECC è riportato rispettivamente in figura 13 e figura 14.

Le citate associazioni patrocinano anche la pubblicazione di diverse riviste scientifiche molto qualificate, come "Automatica" (IFAC), *Transactions on Automatic Control* (IEEE) e *European Journal of Control* (EUCA)¹¹.

⁸ Notizia di questo convegno è stata data con rilievo in questa rivista nel numero di luglio/agosto 2010.

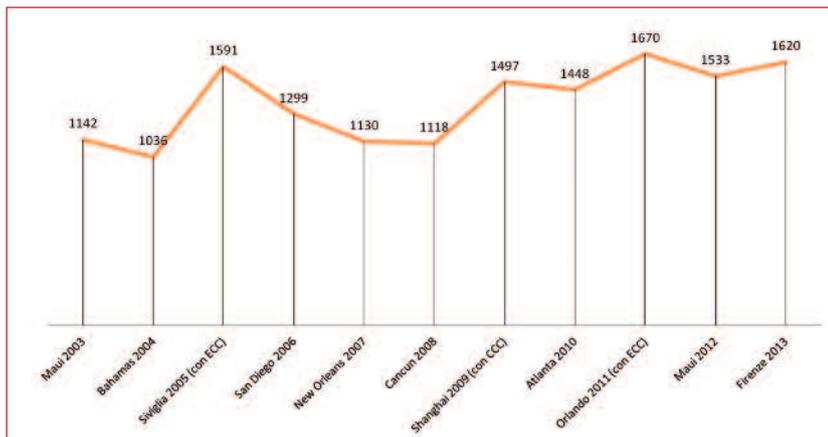
⁹ Una sintesi dei congressi mondiali IFAC fino quello di Sydney del 1993 si trova nel lavoro: *A history of the IFAC Congress*, di Stephen Kahne, pubblicato in "IEEE Control Systems Magazine", vol. 16, n. 3, 1996.

¹⁰ Per la storia della *Control Systems Society* di IEEE si suggerisce *Fifty years in Control* di Daniel Y. Abramovitch e Gene F. Franklin, che è apparso in "IEEE Control Systems Magazine", dicembre 2004. Una presentazione dettagliata della CDC di Firenze scritta da Thomas Parisini e Roberto Tempo si trova in "IEEE Control Systems Magazine", maggio 2013.

¹¹ Chi scrive ebbe il privilegio di dirigere "European Journal of Control" dal 2003 al 2013. In tale veste, per il ventennale della serie di congressi ECC, proposi ai Presidenti EUCA di scrivere un rapporto sulla ECC che si era svolta nel periodo della loro presidenza. Questi rapporti si trovano alle pagine 621-638 dell'ultimo numero di "European Journal of Control" del 2011, il numero speciale per i partecipanti alla conferenza congiunta CDC-ECC di Orlando.

◀ **Figura 12**

Stendardo del 18th IFAC World Congress (Milano, 2011), presentato alla cerimonia di chiusura del 17th IFAC World Congress (Seoul, 2008)



◀ **Figura 13**
 Numero di partecipanti alla IEEE Conference on Decision and Control (CDC)

Figura 14 ▶
 Numero di partecipanti alla European Control Conference (ECC)



Epilogo

Vi è una immensa varietà di sistemi di controllo attivi in noi e attorno a noi. Nel nostro corpo, innumerevoli sono i sistemi di regolazione automatica di questa o quella variabile, come la temperatura corporea, la pressione sanguigna e così via. Intorno a noi, non possiamo che restare ammirati dagli sviluppi dell'Automatica e dalle sue ricadute sulla vita quotidiana.

Capita spesso che amici e conoscenti mi chiedano di illustrare in modo semplice un successo recente dell'Automatica. Tra i sistemi di controllo che mi si affollano nella mente, la mia scelta va ai due seguenti: il progetto del pancreas artificiale e il sistema *Electronic Stability Program* (ESP).

Il *pancreas artificiale* è un dispositivo completamente automatico per l'erogazione dell'insulina a pazienti diabetici, che ha ottenuto l'approvazione della *Food and Drug Administration* statunitense, e potrebbe entrare in commercio nell'arco di alcuni anni. Alla sua messa a punto hanno lavorato e stanno lavorando diversi team di ricerca operanti presso l'Università di Padova, l'Università di Pavia, la Mayo Clinic, l'Université de Montpellier, la University of California at Santa Barbara, e la University of Virginia.

L'ESP è un sistema già in uso nell'equipaggiamento di parecchie automobili; interviene quando il guidatore perde il controllo durante una brusca sterzata o in un tratto di percorso scivoloso. Istante per istante, l'ESP identifica le intenzioni di guida del pilota e le confronta con l'effettivo andamento della traiettoria attuale. Se si evidenzia un considerevole disallineamento tra le due, se cioè si manifesta una situazione di emergenza, allora ESP disabilita l'esercizio del freno al guidatore e interviene in modo automatico esercitando un'azione frenante diversa da ruota a ruota, ciò che consente il ristabilimento della corretta guida del veicolo. Si valuta che ESP consenta di salvare, ogni anno, molte migliaia di vite.

Nei prossimi decenni, grazie anche alla progressiva diffusione dei sistemi di informazione nell'industria e nella società, gli orizzonti applicativi dell'Automatica si amplieranno notevolmente e le nuove generazioni di giovani che si affacciano allo studio dei sistemi di controllo potranno affrontare nuove stimolanti sfide. A questi giovani, vorrei ricordare il motto di Graham C. Goodwin: "*Control is the best research area in the universe*".

In questo articolo, ho citato i riferimenti su temi specifici all'interno del corpo del manoscritto, in modo da focalizzare questa bibliografia sui contributi storici di tipo generale. Libri base sulla storia dell'Automatica nell'Ottocento e Novecento sono [7] e [9], mentre un libro sui dispositivi di controllo in retroazione nei tempi antichi è [6]. La rivista "Control Systems Magazine" di IEEE ha promosso due sezioni speciali, una nel 1966 e una nel 2002, su temi storici, [5] e [14]. Come già accennato, dal 2003 al 2013 ebbi il privilegio di dirigere la rivista "European Journal of Control". Nel 2007, insieme con il collega Michel Gevers, docente all'Università Cattolica di Lovanio, promossi una raccolta di articoli di autorevoli scienziati di varie nazionalità, chiedendo loro di descrivere la loro personale esperienza di studio e ricerca. Venne così realizzato il numero speciale [16]. Una decina di anni fa, IFAC prese un'encomiabile iniziativa, quella di realizzare "il libro dei libri", cioè un volume in cui furono riprodotte le copertine dei principali testi di Automatica pubblicati negli anni Quaranta - Sessanta in diversi Paesi, con un breve commento scritto da uno studioso connazionale dell'autore del libro, si tratta del volume [15]. I libri ivi menzionati sono [1-4]. Di Evangelisti, Quazza, Lepschy e Ruberti abbiamo già parlato in precedenza. Sergio Barabaschi (1930 -) diresse per diversi anni il Laboratorio di Servomeccanismi e Controlli del Centro Ricerche Nucleari di Ispra, laboratorio che venne poi trasferito al Centro Nucleare della Casaccia (vicino a Roma) nel 1963. Nel laboratorio lavorava anche Renzo Tasselli (1934-1978), con cui Barabaschi scrisse il corposo libro di testo *Elementi di Servomeccanismi e Controlli*, che ebbe una vasta diffusione nelle scuole tecniche italiane. Concludiamo con i lavori storici scritti da italiani, con l'auspicio di non commettere omissioni. Citiamo innanzitutto i lavori di Antonio Lepschy [10-12]. Come è stato fatto notare da vari autori, l'orologeria è uno dei settori dove sono stati utilizzati meccanismi a retroazione da diversi secoli, e questo è ben illustrato in [8].

Il contributo [17], pubblicato nel numero speciale [16], descrive gli albori della scienza del controllo con speciale attenzione ai contributi di singoli docenti e ricercatori, fornendo un ampio quadro di eventi accademici e industriali. Cito infine il lavoro che preparai in occasione del secondo Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo del 2006, [18], in cui vi sono parecchi dettagli sugli eventi che portarono all'attribuzione del diciottesimo congresso mondiale IFAC all'Italia. In questo lavoro si fa riferimento al secolo che intercorre tra il 1956 e il 2056, descrivendo quello che accadde nel campo dell'Automatica nel periodo 1956-2006 e cercando di fare una sorta di previsione dell'evoluzione futura nei cinquant'anni a seguire (2006-2056). Da qui il titolo, in cui si parla di una riflessione di mezzo termine. L'intensa attività di organizzazioni di eventi IFAC in Italia è sintetizzata nel volumetto [13].

BIBLIOGRAFIA

- [1] G. Evangelisti: *La Regolazione delle Turbine Idrauliche*, Zanichelli, Bologna, 1947.
- [2] G. Quazza: *Teoria della Regolazione Automatica*, Anipla, Milano, 1962.
- [3] A. Lepschy, A. Ruberti: *Lezioni di controlli automatici*, Sidea, Roma, 1963.
- [4] S. Barabaschi, R. Tasselli: *Elementi di Servomeccanismi e Controlli*, Zanichelli, Bologna, 1965.
- [5] L. G. Bushnell: Special Issue on the History of Control Research, *IEEE Control Systems Magazine*, 1966.
- [6] O. Mayr: *The Origins of Feedback Control*, MIT Press, Cambridge (MA), 1970.
- [7] S. Bennet: *A History of Control Engineering 1800-1930*, Peter Peregrinus, London, 1979.
- [8] A. Lepschy, G. A. Mian, U. Viaro: Feedback control in ancient water and mechanical clocks, *IEEE Transactions on Education*, vol. 35, 1992, pp. 3-10.
- [9] S. Bennet: *A History of Control Engineering 1930-1955*, Peter Peregrinus, London 1993.
- [10] A. Lepschy: Trent'anni di Automatica in Italia, *Automazione e Strumentazione*, vol. 45, 1997, pp. 91-97.
- [11] A. Lepschy: Automatica e sistemistica verso un destino comune (l'unificazione delle discipline legate all'automazione e all'informatica è stata al centro dell'opera e del pensiero del in memoria di Antonio Ruberti, recentemente scomparso), *AEI*, vol. 87, 2000, pp. 47-51.
- [12] A. Lepschy: *L'Automatica in Italia dal 1945 al 1975*, disponibile sul sito web della Società Italiana Docenti e Ricercatori di Automatica (SIDRA), nota che risale ai primi anni 2000.
- [13] *Italy in IFAC, from dawn to 2003*, Milano, Meregalli Publisher, 2002.
- [14] D. S. Bernstein, L. G. Bushnell: Special Section on History of Control, *IEEE Control Systems Magazine*, 2002.
- [15] J. Gertler: *Historic Control Textbooks*, Elsevier, 2006.
- [16] S. Bittanti, M. Gevers: Special Issue On the Dawn and Development of Control Science in the XXth Century, *European Journal of Control*, vol. 13, 2007.
- [17] G. O. Guardabassi: The Dawn of Control Science in Italy - From Intuitive Engineering to Modern Control Theory, *European Journal of Control*, vol. 13, 2007, pp. 36-48.
- [18] S. Bittanti: A Century of Control Science - a mid term reflection, *Control Science Evolution*, atti del Secondo Convegno Internazionale sui Problemi dell'Automatismo, CNR, 2008.

Sono riconoscente ad Andrea Silvestri per l'invito a scrivere queste note in una occasione così speciale, il centenario della rivista da lui diretta.

La documentazione su cui mi sono basato è sostanzialmente costituita dal mio archivio, progressivamente arricchito nel corso degli anni. Sono molto grato a John Westcott (1920 -), per le conversazioni sul primo congresso IFAC, in particolare per l'intervista che gli feci all'Imperial College il primo giugno 2011. Westcott è l'unico firmatario della "Resolution IFAC" del 1956 tuttora vivente.

Mi sono poi avvalso dell'aiuto di diversi colleghi per l'integrazione di informazioni su questo o quell'evento. Ringrazio Françoise Lamnabhi-Lagarigue, del *Laboratoire des Signaux et Systèmes* di Gif sur Yvette, per la ricerca dati sul *Congrès International de l'Automatique*; Dieter Westerkamp, dell'associazione tedesca degli ingegneri (VDI) di Düsseldorf per documenti sul Congresso di Heidelberg, Pradeep Misra, della Wright State University di Dayton (USA), per i dati sui partecipanti alla *Conference on Decision and Control*; Fabrizio Trisoglio e Franca Chiusi di AEIT, per l'assistenza nella consultazione dell'archivio di quella associazione; Andrea Lovati, dell'Archivio Storico di Fondazione Fiera Milano, per i dati sulla Fiera Campionaria. Ringrazio inoltre Antonella Rinaldi per la comparazione dei dati sui partecipanti ai due congressi, di Milano e Heidelberg, e Silvia Strada per l'analisi degli atti del congresso di Heidelberg.

Il manoscritto è stato gentilmente revisionato da Silvia Canevese, Carlo Orlandini, Marco Rapizza e Fausto Vezzaro.