

Michele TARAGNA

Curriculum vitae, didattico e scientifico

Curriculum vitae

Affiliazione

Dipartimento di Automatica e Informatica
Politecnico di Torino
Corso Duca degli Abruzzi n. 24
10129 Torino

Telefono: 011 - 564.70.63
Fax: 011 - 564.70.99
E-Mail: taragna@polito.it

Dati Personali

- Nato a Torino il 15/XI/1964.
- Residente a Torino in Via F. Campana n. 4, c.a.p. 10125.

Formazione e titoli

- Diploma di Maturità Classica, conseguito nel 1983 con voto 60/60.
- Laurea in Ingegneria Elettronica, conseguita presso il Politecnico di Torino in data 15/V/1992 con voto 110/110 e lode, con la discussione della tesi “Algoritmi per l’analisi di robustezza di sistemi di controllo”.
- Esame di stato di Abilitazione all’esercizio della professione di Ingegnere superato presso il Politecnico di Torino nella seconda sessione del 1992 con voto complessivo 162/180.
- Titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Informatica e dei Sistemi [raggruppamento disciplinare n. I24 - Automatica], conseguito nel 1996 al termine dei corsi di dottorato frequentati presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino (VIII ciclo), con la discussione della tesi “Analisi e progetto di sistemi di controllo robusti mediante metodologie intervallari”.

Corsi speciali frequentati

- “Robustesse: analyse et synthèse de commandes robustes”, Ecole d’Eté d’Automatique de Grenoble, svoltasi a Grenoble (Francia) dal 6 al 10/IX/1993, con letture dei proff. Kwakernaak, de Souza, Oustaloup, Bourles, Landau e Bernussou.
- “I sistemi lineari positivi”, organizzato dal Centro Teoria dei Sistemi, CNR, Milano, svoltosi presso il Politecnico di Milano dal 16 al 17/III/1994 e tenuto dal prof. Rinaldi.
- “From Identification to Learning”, NATO Advanced Study Institute, svoltosi a Como dal 22/VIII al 2/IX/1994, con letture dei proff. Picci, Deistler, Ober, Campi, Maciejowski, Willems, Khargonekar, Kimura, Bittanti, Benveniste, Kumar, Mitter, Van Schuppen, Albertos, Cybenko, Pflug, Ljung e Vidyasagar.
- “Polynomial Systems Theory and Industrial Applications”, tutorial workshop organizzato dai proff. Grimble, Kucera e Johnson con letture dei proff. Kwakernaak, Mosca e Sternad, nell’ambito della 33rd IEEE Conference on Decision and Control, tenutasi a Lake Buena Vista (USA) il 13/XII/1994.
- “Multivariable Control Systems II” (prof. Athans), “Dynamics of Nonlinear Systems” (prof. M. Dahleh), “Nonlinear Programming” (prof. Bertsekas) e “Recursive Estimation” (prof. Willsky), graduate courses del Massachusetts Institute of Technology di Cambridge (USA), svoltisi nello spring term dell’anno accademico 1994/1995.
- “Control of Uncertain Systems: From the Calculus of Variations to Optimal and Robust Control”, workshop svoltosi a Gröningen (Olanda) dal 29/VIII all’1/IX/1995, organizzato dai proff. Curtain e Willems, con letture dei proff. Willems, Rosenbrock, Rantzer, Stoorvogel, Bhattacharyya, Sussmann, van der Shaft, Kimura, Kharitonov, Tempo, Curtain, Tits, M.A. Dahleh, Doyle, Scherer, Glover, Gahinet e Anderson.
- “System Identification”, corso organizzato per il Dutch Institute of Systems and Control dai proff. Heij e Van den Hof, tenutosi a Utrecht (Olanda) nei mesi di Aprile e Maggio 1996.
- “Fenomeni non lineari nei sistemi socio-economici”, svoltosi a Milano il 12/II/1998 ed organizzato dal prof. Rinaldi.
- “La confluenza fra la visione computazionale e il controllo”, Scuola Nazionale CIRA per Dottorato, svoltasi a Bertinoro (FO) dal 19 al 20/VII/1999, coordinata dal prof. Frezza con letture dei proff. Frezza, Cipolla, Soatto e Cannata.
- “Metodi statistici per l’identificazione”, Scuola Nazionale CIRA per Dottorato, svoltasi a Bertinoro (FO) dal 21 al 23/VII/1999, coordinata dal prof. Picci con letture dei proff. Picci, Guidorzi, Campi, Savaresi e Pinzoni.
- “Strumenti e metodologie per il formatore”, coordinato dal COREP e svoltosi presso il Politecnico di Torino nei mesi di Marzo ed Aprile 2000, con letture dei proff. Gola, Luciano, Damnotti, Corino, Battezzati e Coggi.

Attività lavorativa

- Dal 2/XI/1992 al 31/X/1995: Dottorando di Ricerca in Ingegneria Informatica e dei Sistemi [raggruppamento disciplinare n. I24 - Automatica] presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino, VIII ciclo.
- Dal 27/I/1995 al 27/V/1995: in visita presso il Laboratory for Information and Decision Systems del Massachusetts Institute of Technology di Cambridge (Massachusetts, USA) in qualità di Visiting Scientist.
- Dal 18/X/1995 al 17/X/1998: Ricercatore Universitario Non Confermato della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, afferente al settore scientifico-disciplinare K04X - Automatica presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino.
- Dal 26/III/1996 al 27/V/1996: in visita presso la Faculty of Mechanical Engineering and Marine Technology della Delft University of Technology di Delft (Olanda) in qualità di HMC-fellow nell'ambito del progetto CEE "SIMONET".
- Dal 18/X/1998 al 30/IX/1999: Ricercatore Universitario Confermato della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, afferente al settore scientifico-disciplinare K04X - Automatica presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino.
- Dall'1/X/1999 a tutt'oggi: Ricercatore Universitario Confermato della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, afferente al settore scientifico-disciplinare K04X - Automatica presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino.

Attività Didattica

Insegnamenti tenuti per affidamento

- *Controlli Automatici I*, per il Corso di Diploma Universitario in Ingegneria Elettrica della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (Sede di Alessandria), dall'anno accademico 1998/99 all'anno accademico 2000/01.
- *Teoria dei Sistemi*, per il Corso di Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (Sede di Torino), negli anni accademici 1999/2000 e 2000/01.
- *Teoria dei Sistemi*, per il Corso di Diploma Universitario Teledidattico in Ingegneria Informatica della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (Sede di Torino), nell'anno accademico 2000/01.

Esercitazioni ed esami di profitto in insegnamenti di Corsi di Laurea

- *Controlli Automatici*, per il Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica, e *Controlli Automatici (gen.)*, per il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, esercitazioni (in aula e in laboratorio) ed esami di profitto, dall'anno accademico 1995/96 all'anno accademico 1998/99.
- *Controlli Automatici / Elettronica Applicata*, per il Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, esercitazioni (in aula e in laboratorio) ed esami di profitto, negli anni accademici 1995/96 e 1996/97.
- *Controlli Automatici / Elettronica Industriale*, per il Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, esercitazioni (in aula e in laboratorio) ed esami di profitto, dall'anno accademico 1997/98 all'anno accademico 2000/01.
- *Analisi di sistemi per il controllo e Progetto di sistemi di controllo*, per il Corso di Laurea in Ingegneria Elettrica della I Facoltà di Ingegneria e per il Corso di Laurea in Ingegneria Informatica della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, esercitazioni (in aula e in laboratorio) ed esami di profitto, negli anni accademici 1999/2000 e 2000/01.

Esercitazioni ed esami di profitto in insegnamenti di Corsi di Diploma

- *Teoria dei Sistemi*, per il Corso di Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (Sede di Torino), esercitazioni (in aula e in laboratorio) ed esami di profitto, dall'anno accademico 1995/96 all'anno accademico 1998/99.
- *Teoria dei Sistemi*, per il Corso di Diploma Universitario in Ingegneria Elettronica della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (Sede di Torino), esercitazioni (in aula e in laboratorio) ed esami di profitto, negli anni accademici 1999/2000 e 2000/01.
- *Controlli Automatici I*, per il Corso di Diploma Universitario in Ingegneria Elettrica della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (Sede di Alessandria), esercitazioni (in aula e in laboratorio) ed esami di profitto, nell'anno accademico 1997/98.

- *Teoria dei Sistemi*, per il Corso di Diploma Universitario Teledidattico in Ingegneria Informatica della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino (Sede di Torino), esercitazioni (in aula), dall'anno accademico 1993/94 all'anno accademico 2000/01.
- *Elementi di Elettronica Applicata e di Controlli Automatici*, per il Corso di Diploma Universitario Teledidattico in Ingegneria Meccanica della I Facoltà di Ingegneria del del Politecnico di Torino, esercitazioni (in aula), negli anni accademici 1996/97 e 1997/98.

Attività di supporto alla didattica per insegnamenti di Corsi di Laurea

- *Teoria dei Sistemi*, per il Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, negli anni accademici 1993/94 e 1994/95.

Collaborazione a Tesi di Laurea, Tesi di Diploma e Prove di Sintesi

Relatore di 16 Tesi di Laurea e 2 Tesi di Diploma, ed incaricato dell'assistenza nello svolgimento di 2 Prove di Sintesi, sui seguenti argomenti principali:

- analisi di robustezza e sintesi di controllori robusti principalmente mediante l'uso di tecniche di aritmetica intervallare;
- progetto di controllori robusti per fresatrici ad alta velocità, in collaborazione con la Fidia S.p.A. di San Mauro Torinese (TO);
- progetto di controllori robusti per un sistema di sterzo a rapporto variabile, in collaborazione con il Centro Ricerche FIAT di Orbassano (TO);
- analisi e sintesi di architetture per il controllo laterale di autoveicoli, in collaborazione con il Centro Ricerche FIAT di Orbassano (TO);
- analisi di tecniche per la riduzione dell'ordine di modelli di sistemi dinamici;
- identificazione di sistemi incerti mediante modelli approssimati;
- identificazione per il controllo.

Servizi prestati nell'ateneo

- Membro della Commissione *Piani di Studio Individuali* del Consiglio del Settore dell'Informazione della I Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, dall'anno accademico 1996/97 all'anno accademico 1998/99.
- Membro della Commissione *Piani di Studio* della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, negli anni accademici 1999/2000 e 2000/01.
- Membro della Commissione *Organizzazione Didattica* della III Facoltà di Ingegneria del Politecnico di Torino, negli anni accademici 1999/2000 e 2000/01.
- Membro della Commissione di *Autovalutazione della Produttività della Ricerca* (quinquennio 1995-1999) del Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino, nell'anno accademico 1999/2000.

Seminari

- S. Malan, M. Taragna, “Robustezza delle specifiche in sistemi di controllo con perturbazioni non lineari”, svoltosi presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino il 26/VI/1992.
- M. Taragna, “Set membership identification theory”, svoltosi alla Delft University of Technology di Delft (Olanda) il 2/IV/1996.
- M. Taragna, “Model selection in identification for robust control from time or frequency domain measurements”, svoltosi alla Delft University of Technology di Delft (Olanda) il 9/IV/1996.
- M. Taragna, “Robust analysis and design of control systems using interval arithmetic”, svoltosi alla Delft University of Technology di Delft (Olanda) il 14/V/1996.
- M. Taragna, M. Canale, “Teoria dell’identificazione di model set e applicazioni al controllo robusto”, svoltosi presso il Dipartimento di Automatica e Informatica del Politecnico di Torino l’8/X/1999.

Altre attività didattiche

- “Identificazione di modelli per il controllo robusto”, corso monografico tenuto nel mese di Luglio 1995 presso il Centro Ricerche FIAT di Orbassano (TO), con letture dei proff. Milanese, Malan e Taragna.
- “Fondamenti di controlli automatici”, ciclo di lezioni tenuto dal mese di Novembre 1997 a Marzo 1998 presso la Electronic Systems S.p.A. di Momo (NO), con letture dei proff. Fiorio, Giarré, Milanese e Taragna.
- “Controllo robusto, teoria della stima *set membership* e identificazione per il controllo robusto”, Scuola Nazionale CIRA per Dottorato, svoltasi a Bertinoro (FO) dal 17 al 22/VII/2000, coordinata dai proff. Vicino e Milanese con letture dei proff. Vicino, Colaneri, Tesi, Voulgaris, Blanchini, Milanese, De Nicolao, Van den Hof e Taragna.

Attività scientifica

Aree di interesse scientifico

- Identificazione di sistemi incerti, in particolare in un contesto *set membership*.
- Controllo robusto, in particolare analisi e progetto di sistemi di controllo robusti mediante metodologie intervallari.
- Interazione fra identificazione e controllo.

Partecipazione a progetti di ricerca e contratti di ricerca

- Progetto nazionale di ricerca M.U.R.S.T. “Identificazione di Modelli, Controllo di Sistemi, Elaborazione di Segnali”, fino al 1996.
- Progetto nazionale di ricerca M.U.R.S.T. “Algoritmi e Architetture per l’Identificazione e il Controllo di Sistemi Industriali”, dal 1998 al 1999.
- Progetto nazionale di ricerca M.U.R.S.T. “Tecniche robuste per il controllo di sistemi incerti”, dal 2000.
- Progetto di ricerca speciale CNR “Algoritmi ed architetture per l’identificazione e il controllo robusto e adattativo”, dal 1991 al 1992.
- Progetto di ricerca coordinato CNR “Algoritmi per l’identificazione ed il controllo robusto di sistemi incerti”, dal 1996 al 1998.
- Progetto di ricerca coordinato ASI “Definizione di famiglia di dimostratori per lo studio di spazioplani e del connesso ambiente, di immediata ed economica realizzabilità”, dal 1999.
- Progetto di ricerca della Comunità Europea “SIMONET: Systems Identification and Modelling Network” nell’ambito Human Capital and Mobility, dal 1995 al 1998.
- Contratto di ricerca “Analisi e Sintesi di nuove architetture di controllo laterale per il mantenimento della corsia di marcia di un autoveicolo” con il Centro Ricerche FIAT di Orbassano (TO), dal 2000.

Descrizione dell’attività scientifica svolta

L’attività di ricerca svolta riguarda essenzialmente i temi dell’identificazione di sistemi dinamici complessi e del controllo robusto. Tali temi sono stati sviluppati con particolare attenzione ai loro aspetti d’interconnessione, essendo l’identificazione rivolta a conseguire risultati adeguati alle esigenze del controllo robusto.

Identificazione

Per quanto concerne il tema dell’identificazione, la ricerca si è soprattutto focalizzata sulla determinazione di modelli matematici, detti modelli d’incertezza o *model set*, in grado di rappresentare appropriatamente sistemi dinamici complessi, ossia sistemi dinamici non perfettamente noti,

esternamente stabili, a tempo discreto, lineari, tempo invarianti, causali, a dimensione non necessariamente finita. Tali modelli sono di tipo misto, parametrico e dinamico, in quanto costituiti dal cosiddetto modello nominale, parametrico e di dimensione finita opportunamente scelta, e da un termine additivo incerto, descritto da un insieme limitato che contiene tutte le possibili perturbazioni al modello nominale. Sono in tal modo considerati sostanzialmente due tipi d'incertezza: quella parametrica o statica, rappresentata da un iperrettangolo nello spazio dei parametri del modello nominale, e quella non parametrica o dinamica, rappresentata da una fascia di limitata larghezza nel diagramma di Bode del modulo della risposta in frequenza del modello nominale stesso. Sono stati quindi oggetto d'indagine i criteri di scelta della rappresentazione dell'incertezza, nonché i criteri di scelta del dosaggio della parte parametrica e di quella non parametrica all'interno del modello d'incertezza misto.

Nelle pubblicazioni [2, segnalata come **I**; 13], supponendo di disporre di un numero finito di misure nel dominio del tempo corrotte da un rumore limitato in potenza, è risolto il problema di stimare in modo ottimo i parametri incerti del modello nominale e di valutare il raggio d'informazione, ossia il minimo errore d'identificazione nel caso pessimo. Per classi di modelli affini nei parametri, il raggio d'informazione risulta essere funzione della norma H_∞ delle dinamiche non modellate. Si propone un metodo per stimare tale norma a partire dai dati disponibili e da alcune informazioni *a priori* sulle dinamiche non modellate, consentendo così di valutare l'effettivo raggio d'informazione. Il raggio rappresenta una misura dell'abilità predittiva della classe di modelli considerata ed è quindi utilizzato per confrontare la qualità di differenti classi di modelli e per selezionare l'ordine della loro parte parametrica. L'efficacia della procedura proposta è valutata considerando alcuni esempi numerici ed è confrontata con quella dei tradizionali criteri statistici per la scelta dell'ordine dei modelli.

Nell'identificazione *set membership* per il controllo robusto H_∞ , è importante la valutazione di limiti superiori in frequenza stringenti sul modulo dell'errore di modello. Nella pubblicazione [22, segnalata come **VIII**] si propone un algoritmo che, a partire da dati di misura nel dominio del tempo o della frequenza corrotti da un rumore limitato in ampiezza, calcola sia un limite superiore sia un limite inferiore dell'errore di modello che convergono l'un verso l'altro in maniera monotona. L'algoritmo può essere interrotto non appena si raggiunge l'accuratezza prefissata, consentendo significativi miglioramenti in termini di velocità di calcolo rispetto ai metodi esistenti in letteratura che garantiscono lo stesso grado d'approssimazione del risultato, come documentato dagli esempi numerici riportati.

Nelle pubblicazioni [24; 25, segnalata come **X**], supponendo di disporre di un numero finito di misure nel dominio del tempo o della frequenza corrotte da un rumore limitato in ampiezza di cui sono eventualmente note proprietà di scorrelazione deterministica, viene innanzi tutto proposto un test per validare le informazioni a priori sul sistema e sul rumore in base ai dati sperimentali. Poiché l'identificazione di modelli d'incertezza ottimi nel caso considerato è un problema NP-hard, sono stati proposti in letteratura algoritmi più semplici, che comportano però un peggioramento nell'accuratezza dell'identificazione che spesso non è noto. Tale peggioramento può essere misurato mediante il livello di subottimalità, definito come il rapporto tra l'errore di identificazione ottenuto e il minimo errore ottenibile mediante l'algoritmo ottimo. Nelle due pubblicazioni viene quindi proposto non solo un metodo per valutare tale livello di subottimalità, ma anche un algoritmo interpolatorio che fornisce modelli d'incertezza pressoché ottimi, ancorché aventi modelli nominali di ordine elevato. Da tali modelli d'incertezza ne possono essere ricavati altri, caratterizzati da modelli nominali di ordine molto inferiore, che garantiscono di includere il modello ottimo ed il cui livello di subottimalità si mantiene prossimo all'unità.

Oltre al caso di errori di misura limitati, che porta a modelli d'incertezza cosiddetti "hard" che sicuramente includono il sistema da identificare, è stato analizzato anche il caso di errori di misura stocastici, che per la presenza degli errori di modello porta a problemi di stima non standard, con errori misti stocastico-deterministici. Nelle pubblicazioni [6, segnalata come **III**; 16], relativamente al caso di misure corrotte da un rumore gaussiano di covarianza nota, è presentata una procedura per la determinazione di modelli d'incertezza cosiddetti "soft" che garantiscono d'includere il sistema da identificare con probabilità assegnata.

Si è inoltre considerato il problema dell'identificazione di modelli d'incertezza a partire da misure in catena chiusa, al fine di estendere la metodologia al caso di sistemi instabili in catena aperta. Nelle pubblicazioni [4; 20, segnalata come **VII**], il modello è utilizzato per progettare un controllore robusto, le cui prestazioni sono misurate da una data norma H_∞ in catena chiusa. Si ricava un modello d'incertezza ottimo del sistema rappresentato nella parametrizzazione duale di Youla, da cui si ricava un modello d'incertezza del sistema reale. Tale modello è infine utilizzato per progettare un controllore robusto e per valutare le prestazioni garantite in catena chiusa quando tale controllore è applicato al sistema reale.

Nelle pubblicazioni [19; 23, segnalata come **IX**], si sono poi analizzate le proprietà di ottimalità e di convergenza degli algoritmi proposti per la stima di modelli d'incertezza, assumendo in particolare di disporre di alcune misure ingresso-uscita del sistema dinamico complesso, corrotte da un rumore stocastico limitato avente una funzione di densità di probabilità finita e non nulla agli estremi del supporto. L'obiettivo dell'analisi è stata l'identificazione della migliore approssimazione H_∞ del sistema all'interno di una prefissata classe di modelli parametrici che può non contenere il sistema reale. Sotto un'opportuna condizione di eccitazione del segnale d'ingresso detta "persistenza della prestazione" e senza richiedere che il livello del rumore tenda a zero (come invece richiesto dai precedenti risultati di convergenza in letteratura), l'algoritmo proposto nella pubblicazione [19] risulta essere asintoticamente ottimo, tale cioè che il modello nominale stimato e l'errore di modello convergono, per valori finiti del limite sul rumore e con probabilità 1, rispettivamente alla migliore approssimazione H_∞ del sistema reale e al minimo errore di approssimazione. Nella pubblicazione [23, segnalata come **IX**] si dimostra che alcuni ingressi tipici utilizzati in identificazione posseggono la proprietà di eccitazione richiesta.

Nella pubblicazione [5, segnalata come **V**] sono infine riportati i principali risultati di ottimalità e convergenza per gli algoritmi d'identificazione di modelli d'incertezza, relativi a differenti contesti sperimentali, informazioni a priori e norme utilizzate per misurare l'errore di approssimazione.

Controllo robusto

Per quanto riguarda il tema del controllo robusto, sono state sviluppate tecniche di analisi e di progetto di sistemi di controllo robusti basate su aritmetiche intervallari. In particolare, nelle pubblicazioni [1; 3, segnalata come **II**; 8; 9; 10; 36; 37] si sono analizzate le proprietà dell'algoritmo B^3 (Bernstein Branch and Bound), basato sui polinomi di Bernstein, per l'analisi di robustezza nel caso di perturbazioni parametriche polinomiali. Nelle pubblicazioni [3, segnalata come **II**; 14; 29; 36] viene mostrato come numerosi problemi, quali l'analisi della stabilità e delle prestazioni robuste di sistemi retroazionati in presenza di perturbazioni miste, ossia parametriche non lineari e non parametriche, nonché il progetto robusto di sistemi di controllo, possano essere risolti mediante algoritmi basati sulle cosiddette aritmetiche intervallari. Sono presentati alcuni dei principali algoritmi disponibili in letteratura e la loro efficacia è valutata in confronto con l'algoritmo B^3 , considerando vari esempi di analisi e di progetto robusti di sistemi di controllo. In particolare, nella

pubblicazione [11] viene descritto un procedimento per la taratura robusta di PID industriali, mentre nella pubblicazione [12, segnalata come **VI**] tale procedimento viene utilizzato per progettare un controllore robusto all'interno di un sistema di sterzo a rapporto variabile per autoveicoli.

Interazione fra identificazione e controllo

Sono state proposte alcune procedure integrate d'identificazione e di controllo robusti di sistemi dinamici complessi, supponendo di disporre sia di misure ingresso-uscita corrotte da rumore, sia di informazioni a priori sul sistema da controllare e sulle caratteristiche del rumore.

Nelle pubblicazioni [15; 17; 21; 27; 28], si procede all'identificazione di un modello d'incertezza e, mediante tecniche di ottimizzazione H_∞ e di eventuale riduzione d'ordine del controllore, si progetta un controllore che garantisca sia la stabilità robusta sia determinate specifiche di prestazione H_∞ . Si calcolano quindi le prestazioni robuste del controllore progettato, consentendo così di determinare i livelli di complessità sia del modello sia del controllore necessari per garantire le prestazioni desiderate in catena chiusa.

Nelle pubblicazioni [7^a e 7^b, segnalate come **IV.a** e **IV.b**; 18], una volta ricavato un modello d'incertezza del sistema, si procede alla taratura dei parametri di un controllore di struttura prefissata, ad esempio di tipo PID. Utilizzando l'algoritmo B^3 sviluppato nella pubblicazione [3, segnalata come **II**], si determina il cosiddetto Q set robusto, ossia l'insieme di tutti i valori dei parametri del controllore che soddisfano le specifiche di prestazione desiderate, qualunque sia la perturbazione del sistema presente all'interno del modello d'incertezza precedentemente identificato. La valutazione del Q set e l'evidenziazione delle prestazioni che ne limitano i confini costituiscono un buon ausilio per il progettista che deve tarare i parametri del controllore, al fine di ottenere un bilanciamento ottimo fra le varie prestazioni in catena chiusa che possono essere garantite sul sistema reale.

Nelle pubblicazioni [4; 20, segnalata come **VII**] è descritta una procedura per l'identificazione ed il controllo robusti di sistemi già retroazionati. La bontà del modello identificato viene misurata dalla differenza fra le prestazioni in catena chiusa predette dal modello e quelle effettivamente raggiunte sul sistema, e si dimostra che identificare il modello che minimizza tale differenza equivale a trovare il modello che meglio approssima la parametrizzazione duale di Youla del sistema reale in una norma H_∞ opportunamente pesata.

Pubblicazioni

Coautore di sette lavori pubblicati su riviste scientifiche internazionali o costituenti capitoli di libri, e di diciotto lavori pubblicati su atti di congressi scientifici internazionali (si veda l'elenco allegato).

Attività editoriale

Revisore per le riviste *Automatica*, *IEEE Transactions on Automatic Control*, *IEEE Transactions on Circuits and Systems: Part I*, *Journal of Complexity*, e per congressi internazionali nell'ambito dei Sistemi e Controlli (*IEEE Conference on Decision and Control*, *IEEE American Control Conference*, *European Control Conference*, *IFAC World Congress*, *IFAC Symposium on Robust Control Design*, *IFAC Symposium on System Identification*).

Elenco completo delle pubblicazioni

Pubblcazioni su riviste scientifiche internazionali e capitoli di libri

1. M. Milanese, M. Taragna, A. Trisoglio, S. Malan, "Linear vs. nonlinear approaches to robustness analysis of LTI control systems", in *Robustness of Dynamic Systems with Parameter Uncertainties*, a cura di M. Mansour, S. Balemi, W. Truöl, pagg. 211-216, Birkhäuser Verlag, Basel, 1992.
2. L. Giarré, M. Milanese, M. Taragna, " H_∞ identification and model quality evaluation", *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 42, n. 2, pagg. 188-199, 1997.
3. S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Robust analysis and design of control systems using interval arithmetic", *Automatica*, vol. 33, n. 7, pagg. 1363-1372, 1997.
4. M. Milanese, M. Taragna, P.M.J. Van den Hof, "Closed-loop identification of uncertainty models for robust control design: a set membership approach", *Selected Topics in Identification, Modelling and Control*, Delft University Press, vol. 10, pagg. 9-17, 1997.
5. M. Milanese, M. Taragna, "SM identification of model sets for robust control design from data", in *Robustness in Identification and Control*, a cura di A. Garulli, A. Tesi, A. Vicino, Lecture Notes in Control and Information Sciences 245, pagg. 17-34, Springer-Verlag, Godalming, 1999.
6. M. Milanese, M. Taragna, " H_∞ identification of "soft" uncertainty models", *Systems & Control Letters*, vol. 37, n. 4, pagg. 217-228, 1999.
- 7^a M. Canale, G. Fiorio, S. Malan, M. Taragna, "Robust tuning of low-order controllers via uncertainty model identification", *European Journal of Control*, vol. 5, pagg. 316-328, 1999.
- 7^b M. Canale, G. Fiorio, S. Malan, M. Taragna, "Discussion on: 'Robust tuning of low-order controllers via uncertainty model identification'", *European Journal of Control*, vol. 5, pagg. 329-332, 1999.

Pubblcazioni su atti di congressi scientifici internazionali

8. S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, J. Garloff, "An improved Bernstein algorithm for robust stability and performance analysis", *Proc. of the IEEE Singapore International Conference on Intelligent Control and Instrumentation*, Singapore, vol. 2, pagg. 1204-1210, 1992.
9. S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, J. Garloff, " B^3 algorithm for robust performances analysis in presence of mixed parametric and dynamic perturbations", *Proc. of the 31st IEEE Conference on Decision and Control*, Tucson, USA, vol. 1, pagg. 128-133, 1992.
10. G. Fiorio, S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Robust performance design of fixed structure controllers for systems with uncertain parameters", *Proc. of the 32nd IEEE Conference on Decision and Control*, San Antonio, USA, vol. 4, pagg. 3029-3031, 1993.

11. S.A. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Robust tuning for PID controllers with multiple performance specifications", *Proc. of the 33rd IEEE Conference on Decision and Control*, Lake Buena Vista, USA, vol. 3, pagg. 2684-2689, 1994.
12. S. Malan, M. Taragna, P. Borodani, L. Gortan, "Robust performance design for a car steering device", *Proc. of the 33rd IEEE Conference on Decision and Control*, Lake Buena Vista, USA, vol. 1, pagg. 474-479, 1994.
13. L. Giarré, M. Milanese, M. Taragna, "Robust control oriented H_∞ identification with mixed perturbation models", *Proc. of the IFAC Symposium on Robust Control Design*, Rio de Janeiro, Brasile, pagg. 323-328, 1994.
14. S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Robust analysis and design of control systems using interval arithmetics", *Proc. of the 13th IFAC World Congress*, San Francisco, USA, vol. H, pagg. 25-30, 1996.
15. M. Canale, S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Model structure selection in identification for control", *Proc. of the 13th IFAC World Congress*, San Francisco, USA, vol. I, pagg. 109-114, 1996.
16. M. Milanese, M. Taragna, " H_∞ identification of "soft" uncertainty models", *Proc. of the 35th IEEE Conference on Decision and Control*, Kobe, Giappone, vol. 3, pagg. 2418-2423, 1996.
17. G. Fiorio, S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Robust design of low order controllers via uncertainty model identification", *Proc. of the 2nd IFAC Symposium on Robust Control Design*, Budapest, Ungheria, pagg. 49-54, 1997.
18. M. Canale, G. Fiorio, S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Robust tuning of PID controllers via uncertainty model identification", *Proc. of the 1997 European Control Conference*, Bruxelles, Belgio, 1997.
19. M. Milanese, M. Taragna, "Convergence properties in H_∞ identification with approximated models", *Proc. of SYSID '97 SICE - 11th IFAC Symposium on System Identification*, Kitakyushu, Giappone, vol. 1, pagg. 105-110, 1997.
20. M. Milanese, M. Taragna, P.M.J. Van den Hof, "Closed-loop identification of uncertainty models for robust control design: a set membership approach", *Proc. of the 36th IEEE Conference on Decision and Control*, San Diego, USA, vol. 3, pagg. 2447-2452, 1997.
21. S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Identification of uncertainty models for robust control design", in *Theory and practice of control and systems: proceedings of the 6th IEEE Mediterranean Conference on Control and Automation, Alghero, Sardinia, Italy, 9-11 June 1998*, a cura di A. Tornambè, G. Conte, A.M. Perdon, pagg. 301-309, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore, 1998.
22. M. Taragna, "Uncertainty model identification for H_∞ robust control", *Proc. of the 37th IEEE Conference on Decision and Control*, Tampa, USA, vol. 3, pagg. 3403-3405, 1998.

23. M. Milanese, M. Taragna, "Inputs for convergent SM identification with approximated models", *Proc. of the 37th IEEE Conference on Decision and Control*, Tampa, USA, vol. 4, pagg. 4458-4463, 1998.
24. M. Milanese, M. Taragna, "Suboptimality evaluation of approximated models in H_∞ identification", *Proc. of the 38th IEEE Conference on Decision and Control*, Phoenix, USA, vol. 2, pagg. 1494-1499, 1999.
25. M. Milanese, M. Taragna, "Set Membership identification for H_∞ robust control design", *Proc. of SYSID 2000 - 12th IFAC Symposium on System Identification*, Santa Barbara, USA, 2000.

Interventi nell'ambito di workshop e congressi scientifici internazionali

26. M. Taragna, "Model quality evaluation in identification for control", nell'ambito del *Second SIMONET Workshop*, Bologna, 1995.
27. L. Giarré, S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Robust identification and control of flexible structures", nell'ambito dell'*IFAC International Workshop on Robust Control*, Napa, USA, 1996.
28. M. Milanese, M. Taragna, "Identification of uncertainty models for robust control design", nell'ambito dell'*MTNS98*, Padova, 1998.
29. S. Malan, M. Taragna, "Theory and application of Bernstein branch and bound (BBB) methods for solution of MPI's", nell'ambito del workshop *Multivariate Polynomial Inequalities: theory and applications to practical control system design*, organizzato da P. Dorato e C. Abdallah, 1998 IEEE International Conference on Control Applications, Trieste, Italia, 1998.

Interventi nell'ambito di convegni nazionali

30. M. Taragna, "Sintesi robusta con più specifiche di controllori PID", nell'ambito dell'*Incontro su "Identificazione, Controllo e Ottimizzazione dei sistemi dinamici"*, Convegno C.I.R.A., svoltosi a Siena dall'8 al 10 Settembre 1994.
31. M. Taragna, "Metodi Set-Membership per il controllo", nell'ambito del Convegno C.I.R.A.96 svoltosi a Bressanone dall'11 al 13 Settembre 1996.
32. L. Giarré, S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, "Identificazione di modelli d'incertezza per il controllo robusto", workshop nell'ambito del Convegno C.I.R.A. *Automatica '97*, svoltosi a Catania dall'8 all'11 Settembre 1997.
33. M. Taragna, "Identificazione in catena chiusa di modelli d'incertezza per il progetto di compensatori robusti: l'approccio set membership", nell'ambito del Convegno C.I.R.A. *Automatica '97*, svoltosi a Catania dall'8 all'11 Settembre 1997.
34. M. Taragna, "Teoria dell'identificazione di model set", nell'ambito del Convegno C.I.R.A. svoltosi a Como dall'11 al 13 Ottobre 1999.

35. M. Taragna, “Tools MATLAB per l’identificazione di modelli d’incertezza e la valutazione delle prestazioni garantite in catena chiusa”, nell’ambito del Convegno C.I.R.A. svoltosi a Torino dal 6 all’8 Settembre 2000.

Tesi di Dottorato

36. M. Taragna, “Analisi e progetto di sistemi di controllo robusti mediante metodologie intervallari”, Corso di Dottorato in Ingegneria Informatica e dei Sistemi, Politecnico di Torino, 1996.

Tesi di Laurea

37. M. Taragna, “Algoritmi per l’analisi di robustezza di sistemi di controllo”, Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica, Politecnico di Torino, Maggio 1992.

Elenco delle dieci pubblicazioni segnalate come le più significative

- [I] L. Giarré, M. Milanese, M. Taragna, “ H_∞ identification and model quality evaluation”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 42, n. 2, pagg. 188-199, 1997 (full paper).
- [II] S. Malan, M. Milanese, M. Taragna, “Robust analysis and design of control systems using interval arithmetic”, *Automatica*, vol. 33, n. 7, pagg. 1363-1372, 1997 (brief paper).
- [III] M. Milanese, M. Taragna, “ H_∞ identification of “soft” uncertainty models”, *Systems & Control Letters*, vol. 37, n. 4, pagg. 217-228, 1999.
- [IV.a] M. Canale, G. Fiorio, S. Malan, M. Taragna, “Robust tuning of low-order controllers via uncertainty model identification”, *European Journal of Control*, vol. 5, pagg. 316-328, 1999.
- [IV.b] M. Canale, G. Fiorio, S. Malan, M. Taragna, “Discussion on: ‘Robust tuning of low-order controllers via uncertainty model identification’ ”, *European Journal of Control*, vol. 5, pagg. 329-332, 1999.
- [V] M. Milanese, M. Taragna, “SM identification of model sets for robust control design from data”, in *Robustness in Identification and Control*, a cura di A. Garulli, A. Tesi, A. Vicino, Lecture Notes in Control and Information Sciences 245, pagg. 17-34, Springer-Verlag, Godalming, 1999.
- [VI] S. Malan, M. Taragna, P. Borodani, L. Gortan, “Robust performance design for a car steering device”, *Proc. of the 33rd IEEE Conference on Decision and Control*, Lake Buena Vista, USA, vol. 1, pagg. 474-479, 1994.
- [VII] M. Milanese, M. Taragna, P.M.J. Van den Hof, “Closed-loop identification of uncertainty models for robust control design: a set membership approach”, *Proc. of the 36th IEEE Conference on Decision and Control*, San Diego, USA, vol. 3, pagg. 2447-2452, 1997.
- [VIII] M. Taragna, “Uncertainty model identification for H_∞ robust control”, *Proc. of the 37th IEEE Conference on Decision and Control*, Tampa, USA, vol. 3, pagg. 3403-3405, 1998.
- [IX] M. Milanese, M. Taragna, “Inputs for convergent SM identification with approximated models”, *Proc. of the 37th IEEE Conference on Decision and Control*, Tampa, USA, vol. 4, pagg. 4458-4463, 1998.
- [X] M. Milanese, M. Taragna, “Set Membership identification for H_∞ robust control design”, *Proc. of SYSID 2000 - 12th IFAC Symposium on System Identification*, Santa Barbara, USA, 2000.